Kingdom of Thailand

☞ EDICT OF GOVERNMENT ☜

In order to promote public education and public safety, equal justice for all, a better informed citizenry, the rule of law, world trade and world peace, this legal document is hereby made available on a noncommercial basis, as it is the right of all humans to know and speak the laws that govern them.

TIS 909-2548 (2005) (Thai): Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBOs)

BLANK PAGE

BRUTUM FULMEN
IGNORANTIA JURIS NON EXCUSAT
PROTECTED BY COPYRIGHT

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
เครื่องตัดวงจรกระแสเหลือ แบบมีอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินสำหรับใช้ใน ที่อยู่อาศัยและใช้ในลักษณะที่คล้ายกัน

1. ขอบข่าย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ใช้กับเครื่องตัดวงจรกระแสเหลือแบบมีอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินที่ทำงานโดยไม่ขึ้นหรือขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในที่อยู่อาศัยหรือใช้ในลักษณะที่คล้ายกัน ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่า RCBO ที่มีแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดระหว่าง 220 ถึง 440 โวลต์ (ไฟฟ้ากระแสสลับ) กระแสไฟฟ้าที่กำหนดไม่เกิน 125 แอมแปร์ และมีความสามารถทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรไม่เกิน 25 000 แอมแปร์ เมื่อทำงานที่ความถี่ 50 เฮิรตซ์

อุปกรณ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ป้องกันคนสัมผัสกับชิ้นส่วนตัวนำที่เผยตัวที่การติดตั้งมีการต่อกับหลักดินอย่างเหมาะสม และเพื่อใช้ป้องกันกระแสเกินในการติดตั้งเดินสายไฟฟ้าของอาคารและการใช้งานที่คล้ายกัน อุปกรณ์นี้อาจใช้เพื่อป้องกันอันตรายจากไฟ (fire hazard) เนื่องมาจากการคงอยู่ของกระแสไฟฟ้าผิดพร่องลงดินโดยไม่มีการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน

RCBO มีกระแสเหลือที่กำหนดไม่เกิน 30 มิลลิแอมแปร์ อาจใช้เป็นอุปกรณ์ป้องกันเพิ่มเติมในกรณีที่เกิดความล้มเหลวของวิธีป้องกันช็อกไฟฟ้าอื่น ๆ

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ใช้กับอุปกรณ์ที่ทำงานพร้อมกันทั้งหน้าที่ตรวจจับกระแสเหลือ เปรียบเทียบค่าของกระแสเหลือนี้กับค่ากระแสเหลือที่ทำงาน และเปิดวงจรป้องกันเมื่อกระแสเหลือมีค่าเกินที่กำหนดให้ทำงาน และในขณะเดียวกันต้องทำหน้าที่ต่อวงจร นำกระแสไฟฟ้า และตัดวงจรเมื่อกระแสเกินภายใต้ภาวะที่กำหนด

หมายเหตุ 1. ส่วนที่เกี่ยวข้องกับการทำงานภายใต้ภาวะกระแสเหลือในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้เป็นไปตาม IEC 61008
ส่วนที่เกี่ยวข้องกับการทำงานป้องกันกระแสเกินในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้เป็นไปตาม IEC 60898

หมายเหตุ 2. RCBO มีวัตถุประสงค์ให้ใช้งานได้โดยคนที่ไม่ได้รับคำแนะนำ และออกแบบให้ไม่ต้องมีการบำรุงรักษา ซึ่งอาจขอรับการรับรองตามวัตถุประสงค์

หมายเหตุ 3. กฎระเบียบการติดตั้งและการใช้งาน ให้เป็นไปตาม IEC 60364

RCBO แบบทั่วไปต้องทนการทริปที่ไม่พึงประสงค์ รวมถึงกรณีที่แรงดันไฟฟ้าเสิร์จ (เช่นแรงดันไฟฟ้าที่เกิดจากการตัดต่อวงจรชั่วครู่ หรือการเหนี่ยวนำจากฟ้าผ่า) ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในการติดตั้งและไม่มีการวาบไฟตามผิว

RCBO แบบ S ให้ถือว่ามีการป้องกันการทริปที่ไม่พึงประสงค์อย่างเพียงพอ ถึงแม้ว่าแรงดันไฟฟ้าเสิร์จทำให้เกิดการวาบไฟตามผิวและกระแสไฟฟ้า

หมายเหตุ 4. กับดักเสิร์จที่ติดตั้งปลายทางของ RCBO แบบทั่วไปและต่อแบบโหมดร่วม (common mode) อาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดการทริปที่ไม่พึงประสงค์

หมายเหตุ 5. RCBO ที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ ให้ถือว่ามีการแยกอิสระ (ดูข้อ 8.1.3)

อาจต้องระวังเพิ่มเติม (เช่น ติดตั้งกับดักฟ้าผ่า) เมื่อแรงดันไฟฟ้าเกินอาจเกิดขึ้นด้านแหล่งจ่าย (เช่นในกรณีที่จ่ายไฟแบบสายพาดในอากาศ) (ดู IEC 60364-4-443)

หมายเหตุ 6. RCBO ที่มีระดับชั้นการป้องกันสูงกว่า IP20 อาจมีข้อกำหนดด้านโครงสร้างพิเศษ

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้สามารถนำไปใช้กับ RCBO ที่มีการดัดแปลงประกอบอุปกรณ์ตัดวงจรกระแสเหลือเข้ากับเครื่องตัดวงจรกระแสเกิน ส่วนประกอบทางกลต้องประกอบจากโรงงานของผู้ทำหรือประกอบที่สถานติดตั้ง ซึ่งในกรณีหลังให้เป็นไปตามภาคผนวก ช. นอกจากนั้นยังใช้ได้กับ RCBO ที่มีกระแสไฟฟ้าที่กำหนดมากกว่า 1 พิกัด โดยการเปลี่ยนจากพิกัดหนึ่งไปยังอีกพิกัดหนึ่งแบบไม่ต่อเนื่อง (discrete) ไม่สามารถเข้าถึงได้ในการใช้งานตามปกติ และการเปลี่ยนพิกัดไม่สามารถเปลี่ยนได้หากไม่ใช้เครื่องมือ

RCBO แบบใช้เสียบ (plug-in type) อาจจำเป็นต้องมีข้อกำหนดเพิ่มเติม

RCBO ที่ประกอบอยู่ข้างในหรือมีจุดประสงค์เฉพาะให้ใช้งานร่วมกับเต้าเสียบไฟฟ้า เต้ารับไฟฟ้าหรือคู่เต้าต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าสำหรับใช้ในที่อยู่อาศัยและจุดประสงค์ที่คล้ายกัน จำเป็นต้องมีข้อกำหนดเฉพาะ

หมายเหตุ 7. RCBO ที่ประกอบอยู่ข้างในหรือมีจุดประสงค์เฉพาะให้ใช้งานร่วมกับเต้าเสียบไฟฟ้า เต้ารับไฟฟ้า อาจใช้ข้อกำหนดตามมาตรฐานนี้ร่วมกับข้อกำหนดของ IEC 60884-1 ในส่วนที่เกี่ยวข้อง

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ไม่ครอบคลุมถึง RCBO ที่ใช้ป้องกันมอเตอร์ไฟฟ้า

ข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรรมนี้ ให้ใช้กับภาวะแวดล้อมปกติ (ดูข้อ 7.1) RCBO ที่ใช้งานในสถานที่ที่มีภาวะแวดล้อมรุนแรง อาจจำเป็นต้องมีข้อกำหนดเพิ่มเติม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ไม่ครอบคลุมถึง RCBO ที่มีแบตเตอรี่รวมอยู่

ข้อแนะนำสำหรับการใช้งานประสานสัมพันธ์ร่วมกันของ RCBO กับฟิวส์ ให้เป็นไปตามภาคผนวก ฉ.

2. เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิงที่ระบุต่อไปนี้ใช้ประกอบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ เอกสารอ้างอิงฉบับที่ระบุปีที่พิมพ์ให้ใช้ฉบับที่ระบุ ส่วนเอกสารอ้างอิงฉบับที่ไม่ระบุปีที่พิมพ์นั้นให้ใช้ฉบับล่าสุด (รวมถึงฉบับแก้ไขเพิ่มเติม)

IEC 60038:1983, IEC standard voltages

IEC 60050(151):1978, International Electrotechnical Vocabulary (IEV) –Chapter 151: Electrical and magnetic devices

IEC 60050(441):1984, Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses

IEC 60051, Direct acting indicating analogue electrical measuring instruments and their accessories

IEC 60060-2:1994, High-voltage test techniques - Part 2: Measuring Systems

IEC 60068-2-28:1990, Environmental testing - Part 2: Tests-Guidance for damp heat tests

IEC 60068-2-30:1980, Environmental testing-Part 2: Test Db and guidance: Damp heat, cyclic (12+12 hour cycle)

Amendment 1 (1985)

IEC 60364: Electrical installations of buildings

IEC 60364-4-443:1995, Part 4: Protection for safety - Chapter 44: Protection against overvoltages- Section 443: Protection against overvoltages of atmospheric origin or due to switching

IEC 60364-5-53:1994, Part 5: Selection and erection of electrical equipment - Chapter 53: Switchgear and controlgear

IEC 60417:1973, Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets

IEC 60529:1989, Degrees of protection provided by enclosures (IP Codes)

IEC 60695-2-1/0:1994, Fire hazard testing - Part 2: Test methods - Section 1/sheet 0: Glow-wire test methods - General

IEC 60755:1983, General requirements for residual current operated protective devices

IEC 60884-1:1994, Plugs and socket-outlets for household and similar purposes - Part 1 : General requirements

IEC 60898:1995, Electrical accessories - Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations

IEC 61008-1:1990, Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCBs) - Part 1: General rules

Amendment 1 (1992), Amendment 2 (1995)

IEC 61543:1995, Residual current-operated protective devices (RCDs) for household and similar use - Electromagnetic compatibility

3. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

หากมิได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น ค่าของ “แรงดันไฟฟ้า” และ “กระแสไฟฟ้า” ต่อไปนี้ให้หมายถึงค่าที่เป็นค่ารากกำลังสองเฉลี่ย (root mean square, r.m.s.)

หมายเหตุ 1. คำอธิบายสัญลักษณ์ ให้เป็นไปตามภาคผนวก ฎ.

หมายเหตุ 2. ให้เป็นไปตามบทนิยามของ IEV เมื่อใช้คำว่า RCBO แทนที่คำว่า “อุปกรณ์” หรือ “อุปกรณ์สวิตชิงทางกล”

3.1 บทนิยามที่เกี่ยวกับกระแสไฟฟ้าไหลจากส่วนที่มีไฟฟ้าลงดิน

3.1.1 กระแสไฟฟ้าผิดพร่องลงดิน (earth fault current) หมายถึง กระแสไฟฟ้าไหลลงดิน อันเนื่องมาจากฉนวนผิดพร่อง

3.1.2 กระแสไฟฟ้ารั่วลงดิน (earth leakage current) หมายถึง กระแสไฟฟ้าไหลจากส่วนที่มีไฟฟ้าของการติดตั้งลงดิน โดยไม่มีฉนวนผิดพร่อง

3.1.3 กระแสไฟฟ้าตรงพัลส์ต่อเนื่อง (pulsating direct current) หมายถึง กระแสไฟฟ้าที่มีรูปคลื่นเป็นแบบพัลส์ต่อเนื่อง (ดู IEV 101-04-34) ซึ่งสมมติให้มีค่า 0 หรือค่าที่ไม่เกิน 0.006 แอมแปร์

(กระแสตรง) เกิดขึ้นในแต่ละคาบของความถี่กำลังที่กำหนดระหว่างช่วงเวลาหนึ่งซึ่งค่ามุมที่วัดได้ไม่น้อยกว่า 150 องศา

3.1.4 มุมประวิงกระแส α (current delay angle α) หมายถึง เวลาที่แสดงด้วยค่าเชิงมุมที่การเริ่มต้นนำกระแสไฟฟ้าถูกหน่วงเวลาด้วยการควบคุมเฟส

3.2 บทนิยามเกี่ยวกับการป้อนทางไฟฟ้าของเครื่องตัดวงจรกระแสเหลือ

3.2.1 ปริมาณการป้อนทางไฟฟ้า (energizing quantity) หมายถึง ปริมาณการกระตุ้นทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นโดยลำพังหรือร่วมกับค่าอย่างอื่นด้วยปริมาณเดียวกัน ซึ่งต้องจ่ายให้กับ RCBO เพื่อทำหน้าที่ได้อย่างสมบูรณ์ภายใต้ภาวะที่กำหนด

3.2.2 ปริมาณการป้อนทางไฟฟ้าด้านเข้า (energizing input-quantity) หมายถึง ปริมาณการป้อนทางไฟฟ้าที่ทำให้ RCBO ทำงานภายใต้ภาวะที่กำหนด

ภาวะนี้อาจรวมถึงการป้อนทางไฟฟ้าของอุปกรณ์ประกอบ เป็นต้น

3.2.3 กระแสเหลือ (residual current, I_Δ) หมายถึง ผลรวมทางเวกเตอร์ของค่ากระแสไฟฟ้าขณะใด ๆ (instantaneous) ที่เกิดขึ้นในขณะที่ไหลผ่านวงจรประธานของ RCBO (แสดงค่าเป็นค่ารากกำลังสองเฉลี่ย)

3.2.4 กระแสเหลือที่ทำงาน (residual operating current) หมายถึง ค่าของกระแสเหลือที่ทำให้ RCBO ทำงานภายใต้ภาวะที่กำหนด

3.2.5 กระแสเหลือที่ไม่ทำงาน (residual non-operating current) หมายถึง ค่าของกระแสเหลือเท่ากับหรือต่ำกว่าที่ไม่ทำให้ RCBO ทำงานภายใต้ภาวะที่กำหนด

3.2.6 กระแสเหลือของ RCBO ($I_{\Delta t}$) หมายถึง ค่ากระแสเหลือที่ขีดจำกัดล่างของพิสัยทริปกระแสเกินแบบทันทีทันใด ตามอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินแบบ B C หรือ D (ดูหมายเหตุ ค ในตารางที่ 2)

3.3 บทนิยามเกี่ยวกับการทำงานและหน้าที่ของเครื่องตัดวงจรกระแสเหลือ

3.3.1 อุปกรณ์สวิตชิง (switching device) หมายถึง อุปกรณ์ที่ออกแบบให้ตัดหรือต่อกระแสไฟฟ้าในหนึ่งวงจร หรือมากกว่า (ดู IEV 441-14-01)

3.3.2 อุปกรณ์สวิตชิงทางกล (mechanical switching device) หมายถึง อุปกรณ์สวิตชิงที่ออกแบบให้ตัดหรือต่อวงจรหนึ่งวงจรหรือมากกว่า โดยการใช้หน้าสัมผัสที่แยกออกจากกันได้

3.3.3 ฟิวส์ (fuse) หมายถึง อุปกรณ์สวิตชิงที่จะตัดวงจรเมื่อได้รับกระแสไฟฟ้าที่มีค่าเกินที่กำหนดในเวลาที่นานพอ โดยการหลอมละลายส่วนประกอบที่แบ่งเป็นสัดส่วนและออกแบบเป็นพิเศษจำนวนหนึ่งตัวหรือมากกว่า ฟิวส์นั้นประกอบด้วยชิ้นส่วนทั้งหมดที่รวมกันเป็นอุปกรณ์สมบูรณ์

3.3.4 เครื่องตัดวงจร (circuit-breaker) หมายถึง อุปกรณ์สวิตชิงทางกลที่สามารถต่อวงจร นำกระแส และตัดวงจรภายใต้ภาวะวงจรปกติ และตัดวงจรอย่างอัตโนมัติภายใต้ภาวะผิดปกติ เช่น การลัดวงจร

3.3.5 เครื่องตัดวงจรกระแสเหลือ (residual current operated circuit-breaker) หมายถึง อุปกรณ์สวิตชิงทางกลที่สามารถต่อวงจร นำกระแส และตัดวงจรภายใต้ภาวะใช้งานปกติ และตัดวงจรเมื่อกระแสเหลือถึงค่าที่กำหนดภายใต้ภาวะที่กำหนด

3.3.6 เครื่องตัดวงจรกระแสเหลือแบบไม่มีอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน (residual current operated circuit-breaker without integral overcurrent protection - RCCB) หมายถึง เครื่องตัดวงจรกระแสเหลือที่ไม่ได้ออกแบบมาให้ทำหน้าที่ป้องกันโหลดเกินและ/หรือลัดวงจร

3.3.7 เครื่องตัดวงจรกระแสเหลือแบบมีอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน (residual current operated circuit-breaker with integral overcurrent protection - RCBO) หมายถึง เครื่องตัดวงจรกระแสเหลือที่ออกแบบมาให้ทำหน้าที่ป้องกันโหลดเกินและ/หรือลัดวงจร

3.3.8 RCBO ที่ไม่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้า (RCBO functionally independent of line voltage) หมายถึง RCBO ที่ทำหน้าที่ตรวจจับ ประเมิน และตัดวงจรโดยไม่ขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้า

หมายเหตุ อุปกรณ์นี้ หมายถึง อุปกรณ์ตัดวงจรกระแสเหลือที่ไม่มีแหล่งจ่ายช่วย ตามบทนิยามใน IEC 60755 ข้อ 2.3.2

3.3.9 RCBO ที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้า (RCBO functionally dependent on line voltage) หมายถึง RCBO ที่ทำหน้าที่ตรวจจับ ประเมิน และตัดวงจรโดยขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้า

หมายเหตุ 1. บทนิยามนี้ครอบคลุมถึงบทนิยามบางส่วนของอุปกรณ์ตัดวงจรกระแสเหลือที่มีแหล่งจ่ายช่วยตาม IEC 60755 ข้อ 2.3.3

หมายเหตุ 2. การป้อนแรงดันไฟฟ้าให้กับ RCBO มีไว้เพื่อตรวจจับ ประเมิน หรือตัดวงจร

3.3.10 เวลาตัดวงจรของ RCBO (break time of a RCBO) หมายถึง ระยะเวลาระหว่างทันทีที่กระแสเหลือถึงค่ากระแสเหลือที่ทำงานกับทันทีที่อาร์กที่ทุกขั้วดับหมด

3.3.11 ขีดจำกัดเวลาไม่ทำงาน (limiting non-actuating time) หมายถึง ระยะเวลาหน่วงสูงสุดขณะที่กระแสเหลือที่ไหลผ่าน RCBO มีค่าสูงกว่ากระแสเหลือที่ไม่ทำงาน โดยไม่ทำให้ RCBO ทำงาน

3.3.12 RCBO แบบหน่วงเวลา (time-delay RCBO) หมายถึง RCBO ที่ออกแบบพิเศษให้มีขีดจำกัดเวลาไม่ทำงานตามที่กำหนดไว้ให้สอดคล้องกับกระแสเหลือที่กำหนด

3.3.13 ตำแหน่งปิด (closed position) หมายถึง ตำแหน่งในขณะที่วงจรประธานของ RCBO มีการต่ออย่างต่อเนื่องและมั่นคง (ดู IEV 441-16-22)

3.3.14 ตำแหน่งเปิด (open position) หมายถึง ตำแหน่งในขณะที่มีระยะห่างระหว่างหน้าสัมผัสขณะเปิดของวงจรประธานของ RCBO อย่างมั่นคง (ดู IEV 441-16-23)

3.3.15 ขั้ว (pole) หมายถึง ส่วนของ RCBO ที่มีส่วนที่นำไฟฟ้าที่แยกจากวงจรประธาน เพื่อใช้ในการต่อและตัดวงจรประธาน ทั้งนี้ไม่รวมส่วนที่ใช้สำหรับการติดตั้งและการทำงานของขั้ว

3.3.15.1 ขั้วป้องกันกระแสเกิน (overcurrent protected pole) หมายถึง ขั้วที่มีตัวปลดเนื่องจากกระแสเกิน ต่อไปนี้จะเรียกว่า ขั้วป้องกัน

3.3.15.2 ขั้วไม่ป้องกันกระแสเกิน (overcurrent unprotected pole) หมายถึง ขั้วที่ไม่มีตัวปลดเนื่องจากกระแสเกิน แต่อย่างอื่นโดยทั่วไปมีสมรรถนะเหมือนกับขั้วป้องกันของ RCBO เดียวกัน ต่อไปนี้จะเรียกว่า ขั้วไม่ป้องกัน

หมายเหตุ 1. เพื่อให้แน่ใจว่าเป็นไปตามข้อกำหนดนี้ ขั้วไม่ป้องกันอาจมีลักษณะโครงสร้างเดียวกับขั้วป้องกัน หรือมีลักษณะโครงสร้างเฉพาะ

หมายเหตุ 2. ถ้าความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรของขั้วไม่ป้องกันแตกต่างจากขั้วป้องกัน ผู้ทำต้องระบุไว้

3.3.15.3 ขั้วตัดต่อสายกลาง (switched neutral pole) หมายถึง ขั้วที่มีเจตนาใช้เฉพาะตัดต่อสายกลางและไม่มีการกำหนดความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจร

3.3.16 สายกลางที่ไม่มีการตัดต่อ (uninterrupted neutral) หมายถึง ทางเดินกระแสไฟฟ้าที่มีความต่อเนื่องและไม่มีการป้องกันกระแสเกิน ใช้สำหรับต่อเข้ากับตัวนำเป็นกลางที่ติดตั้ง

3.3.17 วงจรประธานของ RCBO (main circuit of RCBO) หมายถึง ตัวนำทั้งหมดที่เป็นทางเดินกระแสไฟฟ้าของ RCBO (ดูข้อ 4.3)

3.3.18 วงจรควบคุมของ RCBO (control circuit of RCBO) หมายถึง วงจรที่ไม่ใช่วงจรประธาน ใช้ในการต่อวงจรหรือตัดวงจร หรือทั้งต่อและตัดวงจรของ RCBO

หมายเหตุ วงจรที่ใช้สำหรับอุปกรณ์ทดสอบ ให้รวมอยู่ในนิยามนี้

3.3.19 วงจรช่วยของ RCBO (auxiliary circuit of RCBO) หมายถึง ตัวนำทั้งหมดที่เป็นทางเดินกระแสไฟฟ้าของวงจรที่ไม่ใช่วงจรประธานและวงจรควบคุมของ RCBO (ดู IEV 441-15-04)

3.3.20 RCBO แบบ AC (RCBO Type AC) หมายถึง RCBO ที่มีความแน่นอนในการทริปเมื่อเกิดกระแสเหลือชนิดกระแสไฟฟ้าสลับคลื่นไซน์ (sinusoid) ทั้งกรณีกระแสเหลือทันทีหรือแบบเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ

3.3.21 RCBO แบบ A (RCBO Type A) หมายถึง RCBO ที่มีความแน่นอนในการทริปเมื่อเกิดกระแสเหลือชนิดกระแสไฟฟ้าสลับคลื่นไซน์และชนิดกระแสไฟฟ้าตรงพัลส์ต่อเนื่อง ทั้งกรณีกระแสเหลือทันทีหรือแบบเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ

3.3.22 อุปกรณ์ทดสอบ (test device) หมายถึง อุปกรณ์ที่รวมเข้ากับ RCBO เพื่อจำลองภาวะกระแสเหลือเพื่อให้ RCBO ตัดวงจรภายใต้ภาวะที่กำหนด

3.4 บทนิยามเกี่ยวกับค่าและพิสัยของปริมาณการป้อนทางไฟฟ้า

3.4.1 ค่าที่กำหนด (rated value) หมายถึง ค่าปริมาณที่กำหนดขึ้นโดยผู้ทำ สำหรับภาวะการทำงานเฉพาะของ RCBO (ดู IEV 151-04-03 ฉบับแก้ไข)

3.4.2 กระแสเกิน (overcurrent) หมายถึง กระแสไฟฟ้าใด ๆ ที่มีค่าเกินกระแสไฟฟ้าที่กำหนด

3.4.2.1 กระแสไฟฟ้าโหลดเกิน (overload current) หมายถึง กระแสเกินที่เกิดขึ้นในวงจรไฟฟ้าที่ไม่มีความเสียหาย

หมายเหตุ กระแสไฟฟ้าโหลดเกินอาจทำให้เกิดความเสียหายได้ถ้าคงอยู่เป็นเวลานานพอ

3.4.2.2 กระแสไฟฟ้าลัดวงจร (short-circuit current) หมายถึง กระแสเกินที่มีผลจากความผิดพร่องโดยมีอิมพิแดนซ์น้อยมากระหว่างจุดที่มีความต่างศักย์ขณะใช้งานตามปกติ

หมายเหตุ กระแสไฟฟ้าลัดวงจร อาจเป็นผลจากความผิดพร่องหรือการต่อที่ไม่ถูกต้อง

3.4.3 กระแสไฟฟ้าคาดหวัง (prospective current) หมายถึง กระแสไฟฟ้าซึ่งไหลผ่านในวงจร ถ้าแต่ละทางเดินกระแสไฟฟ้าประธานของ RCBO และอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน (ถ้ามี) ถูกแทนด้วยตัวนำที่มีอิมพิแดนซ์น้อยมาก

หมายเหตุ กระแสไฟฟ้าคาดหวังอาจยอมรับในลักษณะเดียวกับกระแสไฟฟ้าจริง เช่น กระแสไฟฟ้าตัดวงจรคาดหวัง กระแสไฟฟ้าค่ายอดคาดหวัง กระแสเหลือคาดหวัง (residual prospective current)

3.4.4 กระแสไฟฟ้าค่ายอดคาดหวัง (prospective peak current) หมายถึง ค่ายอดของกระแสไฟฟ้าคาดหวังระหว่างคาบเวลาชั่วครู่หลังจากการเริ่มต้น

หมายเหตุ บทนิยามนี้สมมุติว่ากระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นโดย RCBO อุดมคติ ซึ่งมีการเปลี่ยนอิมพิแดนซ์อย่างทันทีทันใดจากค่าอนันต์ไปหาศูนย์ สำหรับวงจรซึ่งกระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านได้หลายทางเดินที่แตกต่างกัน เช่น วงจรไฟฟ้าหลายเฟส นอกจากนั้นยังสมมุติอีกว่ากระแสไฟฟ้านั้นเกิดขึ้นพร้อมกันทุกขั้ว ถึงแม้ว่าจะพิจารณากระแสไฟฟ้าเฉพาะในหนึ่งขั้วเท่านั้น

3.4.5 กระแสไฟฟ้าค่ายอดคาดหวังสูงสุด (maximum prospective peak current) หมายถึง กระแสไฟฟ้าค่ายอดคาดหวัง เมื่อการเริ่มต้นของกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นขณะใดขณะหนึ่งซึ่งนำไปสู่ค่าสูงสุดที่เป็นไปได้

หมายเหตุ สำหรับเครื่องตัดวงจรไฟฟ้าแบบหลายขั้วในวงจรไฟฟ้าหลายเฟส กระแสไฟฟ้าค่ายอดคาดหวังสูงสุดให้พิจารณาจากขั้วเดี่ยวเท่านั้น

3.4.6 ความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจร (การต่อและตัดวงจร) (short circuit (making and breaking) capacity) หมายถึง องค์ประกอบไฟฟ้ากระแสสลับของกระแสไฟฟ้าคาดหวังซึ่งแสดงเป็นค่ารากกำลังสองเฉลี่ยที่ออกแบบ RCBO ให้ต่อวงจร ให้นำกระแสไฟฟ้าลัดวงจรในช่วงเวลาการเปิดวงจร และให้ตัดวงจรภายใต้ภาวะที่กำหนด

3.4.6.1 วิสัยสามารถการตัดกระแสไฟฟ้าลัดวงจรสูงสุด (ultimate short-circuit breaking capacity) หมายถึง ความสามารถในการตัดวงจร สำหรับภาวะที่กำหนดให้เป็นไปตามลำดับการทดสอบที่กำหนด ซึ่งไม่รวมถึงขีดความสามารถของ RCBO ที่นำกระแสไฟฟ้าที่ 0.85 เท่าของกระแสไฟฟ้าไม่ทริปที่เวลาที่ใช้ทั่วไป

3.4.6.2 วิสัยสามารถการตัดกระแสไฟฟ้าลัดวงจรใช้งาน (service short-circuit breaking capacity) หมายถึง ความสามารถในการตัดวงจร สำหรับภาวะที่กำหนดให้เป็นไปตามลำดับการทดสอบที่กำหนด ซึ่งรวมถึงขีดความสามารถของ RCBO ที่นำกระแสไฟฟ้าที่ 0.85 เท่าของกระแสไฟฟ้าไม่ทริปที่เวลาที่ใช้ทั่วไป

3.4.7 กระแสไฟฟ้าตัดวงจร (breaking current) หมายถึง กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขั้วหนึ่งของ RCBO ทันทีที่เริ่มมีอาร์กระหว่างกระบวนการตัดวงจร (ดู IEV 441-17-07)

หมายเหตุ สำหรับไฟฟ้ากระแสสลับ หมายถึง ค่ารากกำลังสองเฉลี่ย

3.4.8 แรงดันไฟฟ้าป้อนเข้า (applied voltage) หมายถึง แรงดันไฟฟ้าที่ปรากฏระหว่างขั้วต่อสายของขั้วหนึ่งของ RCBO ก่อนที่จะต่อวงจรให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน (ดู IEV 441-17-24)

หมายเหตุ บทนิยามนี้อ้างถึง RCBO แบบขั้วเดี่ยว สำหรับ RCBO แบบหลายขั้ว แรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าหมายถึงแรงดันไฟฟ้าที่ปรากฏระหว่างขั้วต่อสายด้านแหล่งจ่ายของ RCBO

3.4.9 แรงดันไฟฟ้าฟื้นตัว (recovery voltage) หมายถึง แรงดันไฟฟ้าที่ปรากฏระหว่างขั้วต่อสายของขั้วหนึ่งของ RCBO หลังจากการตัดวงจรของกระแสไฟฟ้า (ดู IEV 441-17-25)

หมายเหตุ 1. แรงดันไฟฟ้านี้อาจพิจารณาโดยประกอบด้วยช่วงเวลา 2 ช่วงต่อเนื่องกัน ช่วงเวลาที่ 1 เป็นแรงดันไฟฟ้าชั่วครู่ที่เกิดขึ้น ตามด้วยช่วงเวลาที่ 2 เป็นเฉพาะแรงดันไฟฟ้าความถี่กำลังที่เกิดขึ้น

หมายเหตุ 2. บทนิยามนี้อ้างถึง RCBO แบบขั้วเดี่ยว สำหรับ RCBO แบบหลายขั้ว แรงดันไฟฟ้าฟื้นตัวหมายถึงแรงดันไฟฟ้าที่ปรากฏระหว่างขั้วต่อสายด้านแหล่งจ่ายของ RCBO

3.4.9.1 แรงดันไฟฟ้าฟื้นตัวชั่วครู่ (transient recovery voltage) หมายถึง แรงดันไฟฟ้าฟื้นตัวระหว่างเวลาที่มีลักษณะเฉพาะชั่วครู่ที่มีนัยสำคัญ (ดู IEV 441-17-26)

หมายเหตุ แรงดันไฟฟ้าชั่วครู่อาจเป็นแบบแกว่งหรือแบบไม่แกว่งหรือทั้งสองแบบรวมกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของวงจรและ RCBO รวมถึงแรงดันไฟฟ้าเลื่อนของจุดเป็นกลางของวงจรหลายเฟส

3.4.9.2 แรงดันไฟฟ้าฟื้นตัวความถี่กำลัง (power-frequency recovery voltage) หมายถึง แรงดันไฟฟ้าฟื้นตัวหลังจากปรากฏการณ์แรงดันไฟฟ้าชั่วครู่หมดไป (ดู IEV 441-17-27)

3.4.10 เวลาเปิดวงจร (opening time) หมายถึง เวลาที่วัดทันทีที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านในวงจรประธานถึงค่าทำงานของตัวปลดเนื่องจากกระแสเกิน (ขณะที่ RCBO อยู่ในตำแหน่งต่อวงจร) จนถึงเวลาทันทีที่หน้าสัมผัสอาร์กทุกขั้วแยกออกจากกัน

หมายเหตุ โดยทั่วไป เวลาเปิดวงจร หมายถึง เวลาทริป (tripping time) ถึงแม้ว่าหากพิจารณาอย่างเข้มงวด เวลาทริปใช้กับเวลาระหว่างทันทีที่เริ่มต้นของเวลาเปิดวงจรกับทันทีที่คำสั่งการเปิดวงจรยกเลิกไม่ได้

3.4.11 เวลาเกิดอาร์ก (arcing time)

3.4.11.1 เวลาเกิดอาร์กของขั้วเดี่ยว (arcing time of a pole) หมายถึง ช่วงเวลาระหว่างขณะที่เกิดการเริ่มต้นของอาร์กในขั้วกับขณะที่สิ้นสุดการดับของอาร์กในขั้วนั้น (ดู IEV 441-17-37)

3.4.11.2 เวลาเกิดอาร์กของ RCBO แบบหลายขั้ว หมายถึง ช่วงเวลาระหว่างขณะที่เกิดการเริ่มต้นของอาร์กแรกกับขณะที่สิ้นสุดการดับของอาร์กของทุกขั้ว (ดู IEV 441-17-38)

3.4.12 เวลาตัดวงจร (break time) ในกรณีที่กระแสเกิน หมายถึง ช่วงเวลาระหว่างจุดเริ่มต้นของเวลาเปิดวงจรของ RCBO กับจุดสิ้นสุดของเวลาเกิดอาร์ก ในกรณีที่กระแสเกิน

หมายเหตุ บทนิยามนี้ เป็นไปตาม IEV 441-17-39

3.4.13 I^2t (ผลรวมของจูล) หมายถึง ผลรวมของกำลังสองของกระแสไฟฟ้าของช่วงเวลาที่กำหนด (t_0, t_1)

$$I^2t = \int_{t_0}^{t_1} i^2 dt \qquad \text{(ดู IEV 441-18-23)}$$

3.4.14 ลักษณะเฉพาะ I^2t ของ RCBO (I^2t characteristic of a RCBO) หมายถึง เส้นโค้งที่ให้ค่าสูงสุดของ I^2t ซึ่งเป็นฟังก์ชันของกระแสไฟฟ้าคาดหวังภายใต้ภาวะการทำงานที่กำหนด

3.4.15 การประสานสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินที่ต่ออนุกรม (co-ordination between overcurrent protective device in series)

3.4.15.1 กระแสไฟฟ้าขีดจำกัดที่เลือกได้ (selectivity-limit current, I_S) หมายถึง กระแสไฟฟ้าประสานสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเฉพาะเวลาตัดวงจรสูงสุด-กระแสไฟฟ้า ของอุปกรณ์ป้องกันทางด้านโหลด กับลักษณะเฉพาะเวลา-กระแสไฟฟ้าก่อนเกิดอาร์ก (ของฟิวส์) หรือลักษณะเฉพาะเวลาทริป-กระแสไฟฟ้า (ของเครื่องตัดวงจร) ของอุปกรณ์ป้องกันอื่น

หมายเหตุ 1. กระแสไฟฟ้าขีดจำกัดที่เลือกได้เป็นค่าขีดจำกัดของกระแสไฟฟ้า ดังต่อไปนี้

- ถ้าต่ำกว่ากระแสไฟฟ้าขีดจำกัดที่เลือกได้ อุปกรณ์ป้องกันทางด้านโหลดสามารถตัดวงจรได้อย่างสมบูรณ์ภายในเวลา เพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์ป้องกันอื่นเริ่มทำงาน (การเลือกถูกต้อง)

- ถ้าสูงกว่ากระแสไฟฟ้าขีดจำกัดที่เลือกได้ อุปกรณ์ป้องกันทางด้านโหลดไม่สามารถตัดวงจรได้อย่างสมบูรณ์ภายในเวลา เพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์ป้องกันอื่นเริ่มทำงาน (การเลือกไม่ถูกต้อง)

หมายเหตุ 2. ลักษณะเฉพาะ I^2t อาจใช้แทนลักษณะเฉพาะเวลา-กระแสไฟฟ้าได้

3.4.15.2 กระแสไฟฟ้ารับช่วง (take-over current, I_B) หมายถึง กระแสไฟฟ้าประสานสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเฉพาะเวลาตัดวงจรสูงสุด-กระแสไฟฟ้า ของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน 2 ชุด

หมายเหตุ 1. กระแสไฟฟ้ารับช่วงเป็นค่าขีดจำกัดของกระแสไฟฟ้า ซึ่งอุปกรณ์ป้องกันด้านแหล่งจ่ายถ้ามีค่าสูงกว่ากระแสไฟฟ้ารับช่วง (โดยทั่วไปแต่ไม่เสมอไป) จะทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ป้องกันสำรอง (back-up operation) ได้

หมายเหตุ 2. ลักษณะเฉพาะ I^2t อาจใช้แทนลักษณะเฉพาะเวลา-กระแสไฟฟ้าได้

3.4.16 กระแสไฟฟ้าไม่ทริปที่ใช้ทั่วไป (conventional non-tripping current, I_{nt}) หมายถึง ค่าของกระแสไฟฟ้าที่ระบุซึ่ง RCBO สามารถรับได้ตามเวลาที่กำหนด (เวลาที่ใช้ทั่วไป) โดยไม่ทำงาน (ดู IEV 441-17-22)

3.4.17 กระแสไฟฟ้าทริปที่ใช้ทั่วไป (conventional tripping current, I_t) หมายถึง ค่าของกระแสไฟฟ้าที่ระบุซึ่งทำให้ RCBO ทำงานภายในเวลาที่กำหนด (เวลาที่ใช้ทั่วไป) (ดู IEV 441-17-23)

3.4.18 กระแสไฟฟ้าทริปทันที (instantaneous tripping current) หมายถึง ค่าต่ำสุดของกระแสไฟฟ้าซึ่งทำให้เครื่องตัดวงจรทำงานอย่างอัตโนมัติโดยไม่มีการหน่วงเวลาตามที่ตั้งไว้

3.4.19 ระยะห่างในอากาศ (clearance) (ดูภาคผนวก ข.) หมายถึง ระยะทางสั้นที่สุดในอากาศระหว่างชิ้นส่วนตัวนำ 2 ชิ้น

หมายเหตุ การพิจารณาระยะห่างในอากาศกับชิ้นส่วนที่เข้าถึงได้ ผิวหน้าของเปลือกหุ้มฉนวนที่เข้าถึงได้ ต้องถือว่าเป็นตัวนำเสมือนปิดไว้ด้วยแผ่นโลหะบางในส่วนที่สามารถสัมผัสได้ด้วยมือหรือนิ้วทดสอบมาตรฐานตามที่กำหนดในรูปที่ 3

3.4.20 ระยะตามผิวฉนวน (creepage distance) (ดูภาคผนวก ข.) หมายถึง ระยะทางสั้นที่สุดตามผิวฉนวนระหว่างชิ้นส่วนตัวนำ 2 ชิ้น

หมายเหตุ การพิจารณาระยะตามผิวฉนวนกับชิ้นส่วนที่เข้าถึงได้ ผิวหน้าของเปลือกหุ้มฉนวนที่เข้าถึงได้ ต้องถือว่าเป็นตัวนำเสมือนปิดไว้ด้วยแผ่นโลหะบางในส่วนที่สามารถสัมผัสได้ด้วยมือหรือนิ้วทดสอบมาตรฐานตามที่กำหนดในรูปที่ 3

3.4.21 กระแสเกินที่ไม่ทำงานในวงจรประธาน (non-operating overcurrent in the main circuit)

บทนิยามของค่าขีดจำกัดของกระแสเกินที่ไม่ทำงาน ให้เป็นไปตามข้อ 3.4.21.1 และข้อ 3.4.21.2

หมายเหตุ ในกรณีที่กระแสเกินในวงจรประธานไม่มีกระแสเหลือ การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับอาจจะเกิดขึ้นเนื่องจากผลของการกระตุ้นไม่สมมาตรของอุปกรณ์ตรวจจับเอง

3.4.21.1 ค่าขีดจำกัดของกระแสเกินในกรณีที่มีโหลดผ่าน RCBO ด้วยกระแสไฟฟ้า 2 ทาง หมายถึง ค่าสูงสุดของกระแสเกินของโหลดซึ่งไม่มีความผิดพร่องกับเปลือกหุ้มหรือกับดิน และไม่มีกระแสไฟฟ้ารั่วลงดินที่สามารถไหลผ่าน RCBO ด้วยกระแสไฟฟ้า 2 ทาง โดยไม่ทำให้เกิดการตัดวงจร

3.4.21.2 ค่าขีดจำกัดของกระแสเกินในกรณีของโหลดเฟสเดียว ผ่าน RCBO 3 ขั้ว หรือ 4 ขั้ว หมายถึง ค่าสูงสุดของกระแสเกินเฟสเดียว ซึ่งไม่มีความผิดพร่องกับเปลือกหุ้มหรือกับดิน และไม่มีกระแสไฟฟ้ารั่วลงดินที่สามารถไหลผ่าน RCBO 3 ขั้ว หรือ 4 ขั้ว โดยไม่ทำให้เกิดการตัดวงจร

3.4.22 วิสัยสามารถการต่อและการตัดกระแสเหลือ (residual making and breaking capacity) หมายถึง ค่าขององค์ประกอบไฟฟ้ากระแสสลับของกระแสเหลือคาดหวังซึ่ง RCBO สามารถต่อวงจร นำกระแสไฟฟ้าสำหรับช่วงเวลาเปิดวงจร และตัดวงจรภายใต้ภาวะที่กำหนดของการใช้และการทำงาน

3.4.23 ค่าขีดจำกัด (U_x และ U_y) ของแรงดันไฟฟ้าสำหรับ RCBO ที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้า

3.4.23.1 U_x หมายถึง ค่าต่ำสุดของแรงดันไฟฟ้า ที่ทำให้ RCBO ที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้ายังคงทำงานภายใต้ภาวะที่กำหนดในกรณีที่แรงดันไฟฟ้าลดลง (ดูข้อ 9.17.1)

3.4.23.2 U_y หมายถึง ค่าต่ำสุดของแรงดันไฟฟ้าที่ต่ำกว่าค่าที่ทำให้ RCBO ที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้าเปิดวงจรอย่างอัตโนมัติในกรณีที่ไม่มีกระแสเหลือ

3.5 บทนิยามเกี่ยวกับค่าและพิสัยของปริมาณที่มีอิทธิพล

3.5.1 ปริมาณที่มีอิทธิพล (influencing quantity) หมายถึง ปริมาณใด ๆ ที่เปลี่ยนแปลงการทำงานที่กำหนดของ RCBO

3.5.2 ค่าอ้างอิงของปริมาณที่มีอิทธิพล (reference value of an influencing quantity) หมายถึง ค่าของปริมาณที่มีอิทธิพลต่อลักษณะเฉพาะโดยผู้ทำกำหนดไว้

3.5.3 ภาวะอ้างอิงของปริมาณที่มีอิทธิพล (reference conditions of influencing quantity) หมายถึง ค่าอ้างอิงของปริมาณที่มีอิทธิพลทั้งหมด

3.5.4 พิสัยของปริมาณที่มีอิทธิพล (range of an influencing quantity) หมายถึง พิสัยของปริมาณที่มีอิทธิพลค่าใดค่าหนึ่งที่ยอมให้ RCBO ทำงานภายใต้ภาวะที่กำหนด โดยที่ปริมาณที่มีอิทธิพลอื่นมีค่าที่ค่าอ้างอิง

3.5.5 พิสัยสุดขีดของปริมาณที่มีอิทธิพล (extreme range of an influencing quantity) หมายถึง พิสัยของปริมาณที่มีอิทธิพลที่ RCBO ยังกลับคืนสู่สภาพการทำงานได้ แม้ว่าไม่จำเป็นต้องเป็นไปตามข้อกำหนดใด ๆ

3.5.6 อุณหภูมิอากาศโดยรอบ (ambient air temperature) หมายถึง อุณหภูมิของอากาศโดยรอบ RCBO ภายใต้ภาวะที่กำหนด (ดู IEV 441-11-13)

หมายเหตุ สำหรับ RCBO ที่ติดตั้งภายในเปลือกหุ้ม หมายถึงอุณหภูมิของอากาศที่อยู่ภายนอกเปลือกหุ้มนั้น

3.5.7 อุณหภูมิอากาศโดยรอบอ้างอิง (reference ambient air temperature) หมายถึง อุณหภูมิอากาศโดยรอบที่ลักษณะเฉพาะเวลา-กระแสเกินใช้อ้างอิง

3.6 บทนิยามเกี่ยวกับขั้วต่อสาย

3.6.1 ขั้วต่อสาย (terminal) หมายถึง ขั้วต่อสายที่เป็นชิ้นส่วนตัวนำของ RCBO เพื่อใช้ต่อทางไฟฟ้ากับวงจรภายนอกได้หลาย ๆ ครั้ง

3.6.2 ขั้วต่อแบบหมุดเกลียว (screw-type terminal) หมายถึง ขั้วต่อสำหรับการต่อและการปลดในภายหลัง (subsequent disconnection) กับตัวนำหนึ่งเส้น หรือการต่อระหว่าง (interconnection) ตัวนำตั้งแต่ 2 เส้นขึ้นไป การต่อหรือปลดทำได้ด้วยหมุดเกลียวหรือแป้นเกลียว (nut) ทุกชนิดทั้งโดยตรงหรือโดยอ้อม

3.6.3 ขั้วต่อปลายหมุดเกลียว (pillar terminal) หมายถึง ขั้วต่อแบบหมุดเกลียวซึ่งใช้ปลายของหมุดเกลียวหนึ่งหรือหลายตัวบีบรัดตัวนำที่สอดเข้าไปในรูหรือช่องของขั้วต่อ อาจกดบีบรัดโดยตรงด้วยปลายของหมุดเกลียวหรือโดยผ่านตัวกลางอื่นที่รับแรงกดจากปลายของหมุดเกลียวก็ได้

หมายเหตุ ตัวอย่างขั้วต่อปลายหมุดเกลียวแสดงไว้ในภาคผนวก ฐ. รูปที่ ฐ.1

3.6.4 ขั้วต่อหัวหมุดเกลียว (screw terminal) หมายถึง ขั้วต่อแบบหมุดเกลียวซึ่งบีบรัดตัวนำอยู่ข้างใต้หัวของหมุดเกลียว อาจกดบีบรัดโดยตรงด้วยหัวของหมุดเกลียวหนึ่งตัวหรือโดยผ่านตัวกลางอื่น เช่น แหวนรอง แผ่นบีบรัด หรืออุปกรณ์ป้องกันการเคลื่อนตัว (anti-spread device)

หมายเหตุ ตัวอย่างขั้วต่อหัวหมุดเกลียวแสดงไว้ในภาคผนวก ฐ. รูปที่ ฐ.2

3.6.5 ขั้วต่อเดือยเกลียว (stud terminal) หมายถึง ขั้วต่อแบบหมุดเกลียวซึ่งบีบรัดตัวนำอยู่ข้างใต้แป้นเกลียว อาจกดบีบรัดโดยตรงด้วยแป้นเกลียวรูปร่างเหมาะสมหนึ่งตัวหรือโดยผ่านชิ้นส่วนขั้นกลางหนึ่งชิ้น เช่น แหวนรอง แผ่นบีบรัด หรืออุปกรณ์ป้องกันการเคลื่อนตัว

หมายเหตุ ตัวอย่างขั้วต่อปลายหมุดเกลียวแสดงไว้ในภาคผนวก ฐ. รูปที่ ฐ.2

3.6.6 ขั้วต่อประกับ (saddle terminal) หมายถึง ขั้วต่อแบบหมุดเกลียวซึ่งบีบรัดตัวนำให้อยู่ใต้ประกับด้วยหมุดเกลียวหรือแป้นเกลียวจำนวนตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป

หมายเหตุ ตัวอย่างขั้วต่อประกับแสดงไว้ในภาคผนวก ฐ. รูปที่ ฐ.3

3.6.7 ขั้วต่อหูสาย (lug terminal) หมายถึง ขั้วต่อหัวหมุดเกลียวหรือขั้วต่อเดือยเกลียว ที่ออกแบบสำหรับยึดหูสาย (cable lug) แท่งตัวนำ (bar) ด้วยหมุดเกลียวหรือแป้นเกลียว

หมายเหตุ ตัวอย่างขั้วต่อหูสายแสดงไว้ในภาคผนวก ฐ. รูปที่ ฐ.4

3.6.8 ขั้วต่อแบบไร้หมุดเกลียว (screwless-type terminal) หมายถึง ขั้วต่อสำหรับการต่อและการปลดในภายหลังกับตัวนำหนึ่งเส้น หรือการต่อระหว่างตัวนำตั้งแต่ 2 เส้นขึ้นไปซึ่งสามารถปลดแยกส่วนได้ การต่อหรือปลดทำได้ด้วยขดสปริง ลิ่ม ชิ้นส่วนมีรูปทรงเยื้องศูนย์กลาง หรือชิ้นส่วนรูปทรงกรวย ฯลฯ ทั้งโดยตรงหรือโดยอ้อม โดยไม่ต้องเตรียมตัวนำขึ้นเป็นพิเศษนอกจากปอกฉนวนออกเท่านั้น

3.6.9 หมุดเกลียวปล่อย (tapping screw) หมายถึง หมุดเกลียวที่ทำจากวัสดุที่มีความทนต่อการผิดรูปสูงเมื่อใช้แรงหมุนเข้าไปในรูวัสดุที่มีความทนต่อการผิดรูปน้อยกว่าของหมุดเกลียว

หมุดเกลียวปล่อยนี้ต้องเป็นเกลียวเรียว (tapered thread) เกลียวที่เกิดจากการใช้งานของหมุดเกลียวจะยึดแน่นมั่นคงเมื่อมีจำนวนรอบหมุนเกินกว่าจำนวนเกลียวบนส่วนปลายตัดเรียว

3.6.10 หมุดเกลียวปล่อยแบบเกลียวเต็ม (thread forming tapping screw) หมายถึง หมุดเกลียวปล่อยที่มีเกลียวต่อเนื่องกัน ซึ่งเกลียวนี้ไม่ได้ทำหน้าที่ขับวัสดุออกจากรู

หมายเหตุ ตัวอย่างหมุดเกลียวปล่อยแบบเกลียวเต็มแสดงไว้ในรูปที่ 1

3.6.11 หมุดเกลียวปล่อยแบบเกลียวตัด (thread cutting tapping screw) หมายถึง หมุดเกลียวปล่อยที่มีเกลียวไม่ต่อเนื่องกัน ซึ่งเกลียวตัดนี้ทำหน้าที่ขับวัสดุออกจากรู

หมายเหตุ ตัวอย่างหมุดเกลียวปล่อยแบบเกลียวตัดแสดงไว้ในรูปที่ 2

3.7 บทนิยามเกี่ยวกับภาวะการทำงาน

3.7.1 การทำงาน (operation) หมายถึง การปรับเปลี่ยนตำแหน่งของหน้าสัมผัสเคลื่อนที่ได้จากตำแหน่งเปิดไปยังตำแหน่งปิด หรือกลับกันในทำนองเดียวกัน

หมายเหตุ ถ้าจำเป็นต้องแบ่งแยกการทำงานในลักษณะทางไฟฟ้า (คือต่อหรือตัด) ให้หมายถึง การทำงานตัดต่อวงจร และการทำงานในลักษณะทางกล (ปิดหรือเปิด) ให้หมายถึง การทำงานทางกล

3.7.2 การทำงานปิด (closing operation) หมายถึง การทำงานโดยที่ RCBO เปลี่ยนจากตำแหน่งเปิดไปยังตำแหน่งปิด (ดู IEV 441-16-08)

3.7.3 การทำงานเปิด (opening operation) หมายถึง การทำงานโดยที่ RCBO เปลี่ยนจากตำแหน่งปิดไปยังตำแหน่งเปิด (ดู IEV 441-16-09)

3.7.4 การทำงานด้วยมือ (dependent manual operation) หมายถึง การทำงานด้วยพลังงานมือโดยตรงเท่านั้น ซึ่งความเร็วและแรงของการทำงานขึ้นอยู่กับการกระทำของผู้ใช้งาน (ดู IEV 441-16-13)

3.7.5 การทำงานไม่ขึ้นกับมือ (independent manual operation) หมายถึง การทำงานด้วยพลังงานสะสมซึ่งพลังงานเกิดขึ้นจากกำลังมือ สะสมและปลดปล่อยในการทำงานครั้งเดียวอย่างต่อเนื่อง ซึ่งความเร็วและแรงของการทำงานไม่ขึ้นอยู่กับการกระทำของผู้ใช้งาน (ดู IEV 441-16-16)

3.7.6 RCBO ทริปอิสระ (trip free RCBO) หมายถึง RCBO ที่มีหน้าสัมผัสเคลื่อนที่ได้ซึ่งย้อนกลับและคงอยู่ในตำแหน่งเปิดเมื่อการทำงานเปิด (อัตโนมัติ) เริ่มเกิดขึ้นหลังจากการทำงานปิด ถึงแม้ว่าคำสั่งปิดยังคงอยู่ (ดู IEV 441-16-31)

หมายเหตุ เพื่อให้แน่ใจว่าการตัดวงจรของกระแสไฟฟ้าซึ่งอาจจะเกิดขึ้นมีความถูกต้อง อาจจำเป็นต้องทำให้หน้าสัมผัสขณะนั้นอยู่ในตำแหน่งปิด

3.7.7 วัฏจักรการทำงาน (operating cycle) หมายถึง ลำดับของการทำงานอย่างสมบูรณ์จากตำแหน่งหนึ่งไปยังตำแหน่งหนึ่ง และกลับไปยังตำแหน่งเดิมโดยผ่านตำแหน่งอื่นทั้งหมด (ถ้ามี) (ดู IEV 441-16-02)

3.7.8 ลำดับการทำงาน (sequence operation) หมายถึง ลำดับของการทำงานที่กำหนดอย่างสมบูรณ์ภายในช่วงเวลาที่กำหนด

3.7.9 การทำงานแบบไม่มีการหยุดชะงัก (uninterrupted duty) หมายถึง การทำงานในขณะที่หน้าสัมผัสหลักของ RCBO ยังคงปิดอยู่ขณะที่นำกระแสไฟฟ้าคงที่โดยไม่มีการหยุดชะงักเป็นคาบเวลานาน (ซึ่งอาจจะเป็นสัปดาห์ เดือน หรือปี)

3.8 บทนิยามเกี่ยวกับองค์ประกอบของโครงสร้าง

3.8.1 หน้าสัมผัสหลัก (main contact) หมายถึง หน้าสัมผัสที่ติดตั้งรวมอยู่ในวงจรประธานของ RCBO เมื่อในตำแหน่งปิดมีหน้าที่นำกระแสไฟฟ้าของวงจรประธาน (ดู IEV 441-15-07)

3.8.2 หน้าสัมผัสอาร์ก (arcing contact) หมายถึง หน้าสัมผัสที่มีจุดประสงค์ให้เป็นจุดเริ่มของการเกิดอาร์ก

หมายเหตุ หน้าสัมผัสอาร์กอาจใช้เป็นหน้าสัมผัสหลัก หรืออาจเป็นหน้าสัมผัสแยกที่ออกแบบให้เปิดหลังและปิดก่อนหน้าสัมผัสอื่นซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อป้องกันความเสียหาย

3.8.3 หน้าสัมผัสควบคุม (control contact) หมายถึง หน้าสัมผัสที่ติดตั้งรวมอยู่ในวงจรควบคุมของ RCBO และทำงานทางกลโดย RCBO (ดู IEV 441-15-09)

3.8.4 หน้าสัมผัสช่วย (auxiliary contact) หมายถึง หน้าสัมผัสที่ติดตั้งรวมอยู่ในวงจรช่วย และทำงานทางกลโดย RCBO (ตัวอย่างเช่น สำหรับชี้บอกตำแหน่งของหน้าสัมผัส) (ดู IEV 441-15-10)

3.8.5 ตัวปลด (release) หมายถึง อุปกรณ์สำหรับต่อทางกลกับ (หรือรวมอยู่ใน) RCBO ซึ่งจะปลดการยึดและยอมให้ RCBO เปิดวงจรอย่างอัตโนมัติ (ดู IEV 41-15-17)

หมายเหตุ ในบทนิยามของ IEV อ้างอิงให้กระทำในตำแหน่งปิดวงจรด้วย

3.8.6 ตัวปลดเนื่องจากกระแสเกิน (overcurrent release) หมายถึง ตัวปลดที่ยอมให้ RCBO เปิดวงจรแบบมีหรือไม่มีการหน่วงเวลาเมื่อกระแสไฟฟ้าในตัวปลดมีค่าเกินค่าที่คำนวณไว้ (ดู IEV 441-16-33)

หมายเหตุ ในบางกรณี ค่ากระแสไฟฟ้านี้อาจขึ้นอยู่กับอัตราการเพิ่มขึ้นของกระแสไฟฟ้า

3.8.7 ตัวปลดเนื่องจากกระแสเกินแบบเวลาหน่วงผกผัน (inverse time-delay overcurrent release) หมายถึง ตัวปลดเนื่องจากกระแสเกินที่จะทำงานหลังจากเวลาหน่วงค่าหนึ่งซึ่งแปรผกผันกับค่าของกระแสเกิน (ดู IEV 441-16-35)

หมายเหตุ ตัวปลดดังกล่าวอาจออกแบบให้มีเวลาหน่วงต่ำสุดสำหรับกระแสเกินที่มีค่าสูง

3.8.8 ตัวปลดเนื่องจากกระแสเกินโดยตรง (direct overcurrent release) หมายถึง ตัวปลดเนื่องจากกระแสเกินที่ได้รับกำลังโดยตรงจากกระแสไฟฟ้าในวงจรประธานของ RCBO (ดู IEV 441-16-38)

3.8.9 ตัวปลดเนื่องจากโหลดเกิน (overload release) หมายถึง ตัวปลดเนื่องจากกระแสเกินที่มีจุดประสงค์สำหรับป้องกันโหลดเกิน (ดู IEV 441-16-38)

3.8.10 ชิ้นส่วนตัวนำ (conductive part) หมายถึง ชิ้นส่วนซึ่งสามารถนำกระแสไฟฟ้า ถึงแม้ว่าอาจจะไม่จำเป็นให้ใช้นำกระแสไฟฟ้าใช้งาน (ดู IEV 441-11-09)

3.8.11 ชิ้นส่วนตัวนำที่เผยตัว (exposed conductive part) หมายถึง ชิ้นส่วนตัวนำซึ่งสามารถสัมผัสได้ง่าย ซึ่งปกติเป็นส่วนที่ไม่มีไฟฟ้า แต่อาจกลายเป็นส่วนที่มีไฟฟ้าได้ภายใต้ภาวะผิดพร่อง (ดู IEV 441-11-10)

3.9 บทนิยามเกี่ยวกับการทดสอบ

3.9.1 การทดสอบเฉพาะแบบ (type test) หมายถึง การทดสอบหนึ่งหรือหลายอุปกรณ์ เพื่อแสดงว่าการออกแบบนั้นเป็นไปตามข้อกำหนดที่ต้องการ (ดู IEV 151-04-15)

3.9.2 การทดสอบประจำ (routine test) หมายถึง การทดสอบของแต่ละอุปกรณ์ในระหว่างหรือหลังการผลิตเพื่อให้แน่ใจว่าเป็นไปตามขอบเขตที่กำหนด (ดู IEV 151-04-16)

4. การจำแนกประเภท

RCBO จำแนกประเภทดังต่อไปนี้

4.1 ตามวิธีการทำงาน

หมายเหตุ การเลือกแบบต่าง ๆ เป็นไปตามข้อกำหนดของ IEC 60364-5-53

4.1.1 RCBO ที่ไม่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้า (ดูข้อ 3.3.8)

4.1.2 RCBO ที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้า (ดูข้อ 3.3.9)

4.1.2.1 เปิดวงจรอย่างอัตโนมัติในกรณีที่แรงดันไฟฟ้าล้มเหลวโดยไม่มีหรือมีการหน่วงเวลา (ดูข้อ 8.12)

ก) ปิดวงจรคืนอย่างอัตโนมัติ เมื่อแรงดันไฟฟ้ากลับคืนปกติ

ข) ไม่ปิดวงจรคืนอย่างอัตโนมัติ เมื่อแรงดันไฟฟ้ากลับคืนปกติ

4.1.2.2 ไม่เปิดวงจรอย่างอัตโนมัติ ในกรณีที่แรงดันไฟฟ้าล้มเหลว

ก) สามารถทริปได้ในกรณีที่มีสถานการณ์อันตราย (เช่น เนื่องจากความผิดพร่องลงดิน) หรือความล้มเหลวของแรงดันไฟฟ้า (ข้อกำหนดนี้อยู่ระหว่างการพิจารณา)

ข) ไม่สามารถทริปได้ในกรณีที่มีสถานการณ์อันตราย (เช่น เนื่องจากความผิดพร่องลงดิน) หรือความล้มเหลวของแรงดันไฟฟ้า

หมายเหตุ การเลือก RCBO ในข้อ ข) ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขตาม IEC 60364-5-53 ข้อ 532.2.2.2

4.2 ตามแบบการติดตั้ง

- RCBO สำหรับการติดตั้งยึดกับที่ และการเดินสายไฟฟ้ายึดกับที่
- RCBO สำหรับการติดตั้งแบบเคลื่อนที่ได้ และต่อกับสายอ่อน (ของอุปกรณ์กับแหล่งจ่าย)

4.3 ตามจำนวนขั้วและทางเดินกระแสไฟฟ้า

- RCBO แบบขั้วเดี่ยว มีขั้วป้องกันกระแสเกิน 1 ขั้ว และสายกลางที่ไม่มีการตัดต่อ (ดู ข้อ 3.3.16) (ทางเดินไฟฟ้า 2 ทาง)
- RCBO แบบ 2 ขั้ว มีขั้วป้องกันกระแสเกิน 1 ขั้ว
- RCBO แบบ 2 ขั้ว มีขั้วป้องกันกระแสเกิน 2 ขั้ว
- RCBO แบบ 3 ขั้ว มีขั้วป้องกันกระแสเกิน 3 ขั้ว
- RCBO แบบ 3 ขั้ว มีขั้วป้องกันกระแสเกิน 3 ขั้ว และสายกลางที่ไม่มีการตัดต่อ (ทางเดินไฟฟ้า 4 ทาง)
- RCBO แบบ 4 ขั้ว มีขั้วป้องกันกระแสเกิน 3 ขั้ว
- RCBO แบบ 4 ขั้ว มีขั้วป้องกันกระแสเกิน 4 ขั้ว

หมายเหตุ ขั้วที่ไม่ใช่ขั้วป้องกันกระแสเกิน อาจเป็น

- "ขั้วไม่ป้องกัน" (ดูข้อ 3.3.15.2) หรือ
- "ขั้วตัดต่อสายกลาง" (ดูข้อ 3.3.15.3)

4.4 ตามความเป็นไปได้ของการตั้งกระแสเหลือที่ทำงาน

- RCBO ที่มีกระแสเหลือที่ทำงานที่กำหนดค่าเดียว
- RCBO ที่มีการตั้งค่ากระแสเหลือที่ทำงานได้หลายค่า โดยแต่ละขั้นมีค่าคงที่

4.5 ตามความต้านทานต่อการทริปที่ไม่พึงประสงค์เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าเสิร์จ

- RCBO ที่มีความต้านทานปกติต่อการทริปที่ไม่พึงประสงค์ (แบบทั่วไป ดังแสดงในตารางที่ 2)
- RCBO ที่มีความต้านทานเพิ่มขึ้นต่อการทริปที่ไม่พึงประสงค์ (แบบ S ดังแสดงในตารางที่ 2)

4.6 ตามการทำงานเมื่อมีองค์ประกอบไฟฟ้ากระแสตรง

- RCBO แบบ AC
- RCBO แบบ A

4.7 ตามการหน่วงเวลา (เมื่อมีกระแสเหลือ)

- RCBO ที่ไม่มีการหน่วงเวลา : แบบใช้งานทั่วไป
- RCBO ที่มีการหน่วงเวลา : แบบ S สำหรับการเลือกใช้งาน

4.8 ตามการป้องกันอิทธิพลจากภายนอก

- RCBO ที่มีเปลือกหุ้ม (ไม่ต้องการเปลือกหุ้มเพิ่มเติม)
- RCBO ที่ไม่มีเปลือกหุ้ม (ต้องมีเปลือกหุ้มเมื่อใช้งาน)

4.9 ตามวิธีการติดตั้ง (mounting)

- RCBO แบบติดตั้งบนพื้นผิว
- RCBO แบบติดตั้งแบบฝัง
- RCBO แบบติดตั้งในแผงสวิตช์ (panel board) หรือแผงจ่ายไฟ (distribution board)

หมายเหตุ RCBO ทุกแบบข้างต้นอาจมีเจตนาให้ติดตั้งกับรางได้

4.10 ตามวิธีการต่อสาย

- RCBO ที่มีการต่อสายไม่ขึ้นกับการติดตั้งทางกล
- RCBO ที่มีวิธีการต่อสายขึ้นกับการติดตั้งทางกล เช่น
  - แบบใช้เสียบ (plug-in)
  - แบบสลักเกลียว (bolt-on)

หมายเหตุ RCBO อาจเป็นแบบใช้เสียบหรือแบบสลักเกลียวเฉพาะด้านแหล่งจ่าย โดยทั่วไปการต่อสายด้านโหลดจะใช้วิธีการเข้าสาย

4.11 ตามกระแสไฟฟ้าทริปทันที (ดูข้อ 3.4.18)

- RCBO แบบ B
- RCBO แบบ C
- RCBO แบบ D

4.12 ตามลักษณะเฉพาะ I^2t

นอกเหนือจากลักษณะเฉพาะ I^2t ที่ผู้ทำจัดให้ตามข้อ 5. RCBO อาจจำแนกประเภทตามลักษณะเฉพาะ I^2t นั้นๆ ได้

5. ลักษณะเฉพาะของ RCBO

5.1 ลักษณะเฉพาะโดยสรุป

RCBO ต้องระบุลักษณะเฉพาะ ดังต่อไปนี้

- แบบการติดตั้ง (ดูข้อ 4.2)
- จำนวนขั้วและทางเดินไฟฟ้า (ดูข้อ 4.3)
- กระแสไฟฟ้าที่กำหนด I_n (ดูข้อ 5.2.2)
- กระแสเหลือที่ทำงานที่กำหนด $I_{\Delta n}$ (ดูข้อ 5.2.3)
- กระแสเหลือที่ไม่ทำงานที่กำหนด (ดูข้อ 5.2.4)
- แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด U_n (ดูข้อ 5.2.1)
- ความถี่ที่กำหนด (ดูข้อ 5.2.5)
- ความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนด I_{cn} (ดูข้อ 5.2.6)
- วิสัยสามารถการต่อและการตัดกระแสเหลือที่กำหนด $I_{\Delta m}$ (ดูข้อ 5.2.7)
- การหน่วงเวลา (ถ้ามี) (ดูข้อ 5.2.8)
- ลักษณะเฉพาะการทำงานในกรณีกระแสเหลือที่มีองค์ประกอบไฟฟ้ากระแสตรง (ดูข้อ 5.2.9)
- การประสานสัมพันธ์ของฉนวน รวมทั้งระยะห่างในอากาศ และระยะตามผิวฉนวน (ดูข้อ 5.2.10)
- วิธีการติดตั้ง (ดูข้อ 4.9)
- วิธีการต่อสาย (ดูข้อ 4.10)
- พิสัยของกระแสเกินทริปทันที (ดูข้อ 4.11)
- ประเภทของ I^2t (ดูข้อ 4.12)
- ระดับชั้นการป้องกัน (ดู IEC 60529)

สำหรับ RCBO ที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้า

- การทำงานของ RCBO ในกรณีที่แรงดันไฟฟ้าล้มเหลว (ดูข้อ 4.1.2)

5.2 ปริมาณที่กำหนดและลักษณะเฉพาะอื่น ๆ

5.2.1 แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด

5.2.1.1 แรงดันไฟฟ้าทำงานที่กำหนด (U_e)

แรงดันไฟฟ้าทำงานที่กำหนด (ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่า “แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด”) ของ RCBO คือค่าแรงดันไฟฟ้าที่ระบุโดยผู้ทำเพื่อใช้อ้างอิงถึงสมรรถนะ

หมายเหตุ RCBO เครื่องเดียวกันอาจจะระบุด้วยแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดหลายค่าพร้อมกับความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนดที่สอดคล้องกัน

5.2.1.2 แรงดันไฟฟ้าฉนวนที่กำหนด (U_i)

แรงดันไฟฟ้าฉนวนที่กำหนดของ RCBO คือค่าแรงดันไฟฟ้าที่ระบุโดยผู้ทำที่ใช้อ้างอิงในการทดสอบความทนไดอิเล็กทริกและระยะตามผิวฉนวน

หากมิได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่น แรงดันไฟฟ้าฉนวนที่กำหนดคือค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดสูงสุดของ RCBO ไม่ว่ากรณีใดแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดสูงสุดต้องมากกว่าแรงดันไฟฟ้าฉนวนที่กำหนด

5.2.2 กระแสไฟฟ้าที่กำหนด (I_n)

กระแสไฟฟ้าที่ระบุโดยผู้ทำซึ่ง RCBO สามารถนำกระแสไฟฟ้านี้ในขณะการทำงานแบบไม่มีการหยุดชะงัก (ดูข้อ 3.7.9) ที่อุณหภูมิโดยรอบอ้างอิงที่กำหนด

ค่ามาตรฐานของอุณหภูมิโดยรอบอ้างอิงเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส ถ้าใช้อุณหภูมิโดยรอบอ้างอิงแตกต่างออกไป ให้พิจารณาผลกระทบที่เกิดกับการป้องกันโหลดเกินของสายไฟฟ้า ซึ่งปกติก็ใช้อุณหภูมิโดยรอบอ้างอิง 30 องศาเซลเซียส ที่เป็นไปตามกฎการติดตั้ง (ดู IEC 60364 บทที่ 523)

5.2.3 กระแสเหลือที่ทำงานที่กำหนด ($I_{\Delta n}$)

ค่ากระแสเหลือที่ทำงาน (ดูข้อ 3.2.4) ของ RCBO ที่ระบุโดยผู้ทำ ซึ่งทำให้ RCBO ทำงานภายใต้ภาวะที่กำหนด

หมายเหตุ RCBO ที่ตั้งกระแสเหลือที่ทำงานได้หลายค่า ให้ใช้ค่าที่ตั้งได้สูงสุดเป็นค่าที่ระบุ

5.2.4 กระแสเหลือที่ไม่ทำงานที่กำหนด ($I_{\Delta no}$)

ค่าของกระแสเหลือที่ไม่ทำงาน (ดูข้อ 3.2.5) ของ RCBO ที่ระบุโดยผู้ทำ ซึ่ง RCBO จะไม่ทำงานภายใต้ภาวะที่กำหนด

5.2.5 ความถี่ที่กำหนด

ความถี่ที่กำหนดของ RCBO เป็นความถี่กำลัง ที่ออกแบบไว้สำหรับ RCBO และค่าของลักษณะเฉพาะอื่นที่สมนัยกัน

หมายเหตุ RCBO เครื่องเดียวกันอาจจะระบุความถี่ที่กำหนดหลายค่า

5.2.6 ความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนด (I_{cn})

ความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนดของ RCBO คือวิสัยสามารถการตัดกระแสไฟฟ้าลัดวงจรสูงสุด (ดูข้อ 3.4.6.1) ของ RCBO ที่ระบุโดยผู้ทำ

หมายเหตุ RCBO ที่มีค่าความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนด (I_{cn}) มีวิสัยสามารถการตัดกระแสไฟฟ้าลัดวงจรใช้งาน (I_{cs}) ด้วย (ดูตารางที่ 18)

5.2.7 วิสัยสามารถการต่อและการตัดกระแสเหลือที่กำหนด ($I_{\Delta m}$)

ค่ารากกำลังสองเฉลี่ยขององค์ประกอบไฟฟ้ากระแสสลับของกระแสเหลือคาดหวัง (ดูข้อ 3.2.3 และข้อ 3.4.3) ที่ระบุโดยผู้ทำ ซึ่ง RCBO สามารถต่อวงจรนำกระแสไฟฟ้าและตัดวงจรภายใต้ภาวะที่กำหนด

ภาวะที่กำหนด ให้เป็นไปตามข้อ 9.12.13

5.2.8 RCBO แบบ S

RCBO แบบหน่วงเวลา (ดูข้อ 3.3.12) เป็นไปตามส่วนที่เกี่ยวเนื่องตามตารางที่ 2

5.2.9 ลักษณะเฉพาะการทำงานในกรณีของกระแสเหลือที่มีองค์ประกอบไฟฟ้ากระแสตรง

5.2.9.1 RCBO แบบ AC

RCBO ที่มีความแน่นอนในการทริปเมื่อเกิดกระแสเหลือชนิดกระแสไฟฟ้าสลับคลื่นไซน์ ทั้งกรณีกระแสเหลือทันทีหรือแบบเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ

5.2.9.2 RCBO แบบ A

RCBO ที่มีความแน่นอนในการทริปเมื่อเกิดกระแสเหลือชนิดกระแสไฟฟ้าสลับคลื่นไซน์และชนิดกระแสไฟฟ้าตรงพัลส์ต่อเนื่อง ทั้งกรณีกระแสเหลือทันทีหรือแบบเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ

5.2.10 การประสานสัมพันธ์ของฉนวน รวมทั้งระยะห่างในอากาศ และระยะตามผิวฉนวน

ระยะห่างในอากาศและระยะตามผิวฉนวนให้เป็นไปตามข้อ 8.1.3 ส่วนการประสานสัมพันธ์ของฉนวนในขณะนี้ยังไม่กำหนด

5.3 ค่ามาตรฐานและค่าที่นิยมใช้

5.3.1 ค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดที่นิยมใช้ (U_n) ให้เป็นไปตามตารางดังนี้

RCBO		วงจรแหล่งจ่ายของ RCBO	แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด
แบบขั้วเดี่ยว	ที่มีขั้วป้องกันกระแสเกิน 1 ขั้ว และสายกลางที่ไม่มีการตัดต่อ	เฟสเดียว เฟสกับสายกลาง	230 V
แบบ 2 ขั้ว	ที่มีขั้วป้องกันกระแสเกิน 1 ขั้ว หรือ 2 ขั้ว	เฟสเดียว เฟสกับสายกลาง เฟสเดียว เฟสกับเฟส	230 V 400 V
แบบ 3 ขั้ว	ที่มีขั้วป้องกันกระแสเกิน 3 ขั้ว	3 เฟส 3 สาย	400 V
แบบ 3 ขั้ว	ที่มีขั้วป้องกันกระแสเกิน 3 ขั้ว และมีสายกลางที่ไม่มีการตัดต่อ	3 เฟส 4 สาย	400 V
แบบ 4 ขั้ว	ที่มีขั้วป้องกันกระแสเกิน 3 ขั้ว หรือ 4 ขั้ว	3 เฟส 4 สาย	400 V

หมายเหตุ 1. ใน IEC 60038 แรงดันไฟฟ้า 230 โวลต์ และ 400 โวลต์ เป็นค่ามาตรฐาน ในอนาคตค่าเหล่านี้จะใช้แทนที่แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ และ 240 โวลต์ แรงดันไฟฟ้า 380 โวลต์ และ 415 โวลต์ ตามลำดับ

หมายเหตุ 2. อย่างไรก็ตามในมาตรฐานนี้ มีค่าอ้างอิง 230 โวลต์ หรือ 400 โวลต์ หมายความรวมถึง 220 โวลต์ หรือ 240 โวลต์ และ 380 โวลต์ หรือ 415 โวลต์ ตามลำดับ

5.3.2 ค่ากระแสไฟฟ้าที่กำหนดที่นิยมใช้ (I_n)

ค่ากระแสไฟฟ้าที่กำหนดที่นิยมใช้ คือ 6-8-10-13-16-20-25-32-40-50-63-80-100-125 แอมแปร์

5.3.3 ค่ามาตรฐานของกระแสเหลือที่ทำงานที่กำหนด ($I_{\Delta n}$)

ค่ามาตรฐานของกระแสเหลือที่ทำงานที่กำหนด คือ 0.006-0.01-0.03-0.1-0.3-0.5 แอมแปร์

5.3.4 ค่ามาตรฐานของกระแสเหลือที่ไม่ทำงานที่กำหนด ($I_{\Delta no}$)

ค่ามาตรฐานของกระแสเหลือที่ไม่ทำงาน คือ 0.5 $I_{\Delta n}$

หมายเหตุ สำหรับกระแสเหลือชนิดกระแสไฟฟ้าตรงพัลส์ต่อเนื่อง ค่ากระแสเหลือที่ไม่ทำงานขึ้นอยู่กับมุมประวิงกระแส α (ดูข้อ 3.1.4)

5.3.5 ค่ามาตรฐานของความถี่ที่กำหนด

ค่ามาตรฐานของความถี่ที่กำหนด คือ 50 เฮิรตซ์

5.3.6 ค่าความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนด

5.3.6.1 ค่ามาตรฐานไม่เกิน 10 000 แอมแปร์

ค่ามาตรฐานของความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรไม่เกิน 10 000 แอมแปร์ ให้เป็นไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่ามาตรฐานของความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนด
(ข้อ 5.3.6.1)

1 500	A
3 000	A
4 500	A
6 000	A
10 000	A

พิสัยของตัวประกอบกำลังที่สอดคล้องกัน ให้เป็นไปตามข้อ 9.12.5

5.3.6.2 ค่ามาตรฐานเกิน 10 000 แอมแปร์ แต่ไม่เกิน 25 000 แอมแปร์

ค่ามาตรฐานเกิน 10 000 แอมแปร์ แต่ไม่เกิน 25 000 แอมแปร์ ค่าที่นิยมใช้คือ 15 000 แอมแปร์ และ 20 000 แอมแปร์

พิสัยของตัวประกอบกำลังที่สอดคล้องกัน ให้เป็นไปตามข้อ 9.12.5

5.3.7 ค่าต่ำสุดของวิสัยสามารถการต่อและการตัดกระแสเหลือที่กำหนด

ค่าต่ำสุดของวิสัยสามารถการต่อและการตัดกระแสเหลือที่กำหนด ($I_{\Delta m}$) คือ 10 $I_{\Delta n}$ หรือ 500 แอมแปร์ แล้วแต่ค่าใดจะมากกว่า

ตัวประกอบกำลังที่ใช้ร่วมกัน ให้เป็นไปตามตารางที่ 17

5.3.8 ค่ามาตรฐานของเวลาตัดวงจร และเวลาไม่ตัดวงจรสำหรับการทำงานภายใต้ภาวะกระแสเหลือ

ค่ามาตรฐานของเวลาตัดวงจรสูงสุด (ดูข้อ 3.3.10) และเวลาไม่ตัดวงจรสูงสุด (ดูข้อ 3.3.11) สำหรับ RCBO แบบ AC ให้เป็นไปตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่ามาตรฐานของเวลาตัดวงจรและเวลาไม่ตัดวงจร
สำหรับการทำงานภายใต้ภาวะกระแสเหลือ
(ข้อ 3.2.6 ข้อ 4.5 ข้อ 5.2.8 ข้อ 5.3.8 ข้อ 9.9.1.2 ข้อ 9.17.1 และข้อ 9.21.1.2)

แบบ	I_n A	$I_{\Delta n}$ A	ค่ามาตรฐานของเวลาตัดวงจรและเวลาไม่ตัดวงจรที่กระแสเหลือ (I_Δ) เท่ากับ s					
			$I_{\Delta n}$	$2\,I_{\Delta n}$	$5\,I_{\Delta n}$ 1)	5 A 10 A 20 A 2) 50 A 100 A 200 A 500 A	$I_{\Delta t}$ 3)	
ทั่วไป	ทุกค่า	ทุกค่า	0.3	0.15	0.04	0.04	0.04	เวลาตัดวงจรสูงสุด
S	≥ 25	> 0.030	0.5	0.2	0.15	0.15	0.15	เวลาตัดวงจรสูงสุด
			0.13	0.06	0.05	-	0.04	เวลาไม่ตัดวงจรต่ำสุด (ไม่ทริป)

หมายเหตุ 1) สำหรับ RCBO แบบทั่วไป ที่มี $I_{\Delta n} \le 0.030$ A อาจเลือกใช้ 0.25 A แทน 5 $I_{\Delta n}$ ได้

2) การทดสอบที่ 5 A 10 A 20 A 50 A 100 A และ 200 A ให้กระทำเฉพาะระหว่างการทวนสอบความถูกต้องของการทำงาน ตามข้อ 9.9.1.2 (4) แต่ในทุกกรณีไม่ต้องทดสอบค่าที่เกินกว่าขีดจำกัดล่างของพิสัยทริป กระแสเกินแบบทันที

3) การทดสอบด้วยกระแสไฟฟ้า $I_{\Delta t}$ เท่ากับขีดจำกัดล่างของพิสัยทริปกระแสเกินแบบทันทีเป็นไปตามแบบ B แบบ C หรือแบบ D ตามความเหมาะสม

สำหรับ RCBO แบบ A ให้ใช้เวลาตัดวงจงสูงสุด กำหนดไว้ในตารางที่ 2 ค่ากระแสไฟฟ้า ($I_{\Delta n}$ 2 $I_{\Delta n}$ 5 $I_{\Delta n}$ 0.25 แอมแปร์ และ 500 แอมแปร์) อย่างไรก็ตาม การทดสอบตามข้อ 9.21.1 อาจเพิ่มค่าได้ด้วยตัวคูณ 1.4 สำหรับ RCBO ที่มี $I_{\Delta n} > 0.01$ แอมแปร์ และด้วยตัวคูณ 2 สำหรับ RCBO ที่มี $I_{\Delta n} \le 0.01$ แอมแปร์

5.3.9 พิสัยมาตรฐานของกระแสเกินทริปทันที

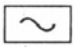
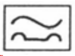
พิสัยมาตรฐานของกระแสเกินทริปทันที ให้เป็นไปตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 พิสัยของกระแสเกินทริปทันที
(ข้อ 5.3.9)

แบบ	พิสัย
B	> 3 I_n และ ≤ 5 I_n
C	> 5 I_n และ ≤ 10 I_n
D	> 10 I_n และ ≤ 50 I_n

6. การทำเครื่องหมายและฉลาก

ที่ RCBO ทุกเครื่องต้องมีเครื่องหมายที่คงทน ถาวร ดังต่อไปนี้

1) ชื่อผู้ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน
2) ชื่อแบบ หมายเลขแค็ตตาล็อก หรือหมายเลขเครื่อง
3) แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด
4) กระแสไฟฟ้าที่กำหนดโดยไม่ต้องแสดงสัญลักษณ์ “A” และนำหน้าด้วยสัญลักษณ์ของกระแสเกินทริปทันที (B C หรือ D) ตัวอย่างเช่น B 16
5) ความถี่ที่กำหนด
6) กระแสเหลือที่ทำงานที่กำหนด
7) การตั้งของกระแสเหลือที่ทำงาน ในกรณีที่ RCBO มีกระแสเหลือที่ทำงานหลายค่า
8) ความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนด หน่วยเป็น แอมแปร์
9) อุณหภูมิสอบเทียบอ้างอิง ถ้าแตกต่างไปจาก 30 องศาเซลเซียส
10) ระดับชั้นการป้องกัน (ถ้าแตกต่างไปจาก IP20 เท่านั้น)
11) ตำแหน่งของการใช้งาน (สัญลักษณ์ให้เป็นไปตาม IEC 60051) (ถ้าจำเป็น)
12) วิสัยสามารถการต่อและการตัดกระแสเหลือที่กำหนด ถ้าแตกต่างไปจากความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนด
13) สัญลักษณ์ S ล้อมรอบด้วยสี่เหลี่ยม [S] สำหรับอุปกรณ์แบบ S
14) ตัวชี้บอกเพื่อแสดงว่าเป็นเฉพาะ RCBO ที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้า (อยู่ระหว่างการพิจารณา)
15) ส่วนทำงานของอุปกรณ์ทดสอบ แสดงเครื่องหมายด้วยตัวอักษร T
16) แผนผังการต่อสาย
17) ลักษณะเฉพาะการทำงานในกรณีของกระแสเหลือที่มีองค์ประกอบไฟฟ้ากระแสตรง
    - RCBO แบบ AC ให้ใช้สัญลักษณ์ 
    - RCBO แบบ A ให้ใช้สัญลักษณ์ 

เครื่องหมายต้องอยู่บน RCBO หรือแผ่นป้ายเดียวหรือหลายแผ่นป้ายที่ติดอยู่กับ RCBO และต้องอยู่ในตำแหน่งที่อ่านได้ง่ายเมื่อติดตั้ง RCBO แล้ว

ถ้า RCBO มีขนาดเล็กและมีพื้นที่ว่างไม่เพียงพอที่จะทำเครื่องหมายตามรายละเอียดข้างต้นได้ทั้งหมด อย่างน้อยต้องทำเครื่องหมายตามข้อ 4) ข้อ 6) และข้อ 13) และมองเห็นได้ง่ายเมื่อติดตั้ง RCBO แล้ว อาจทำเครื่องหมายตามข้อ 1) ข้อ 2) ข้อ 3) ข้อ 8) และข้อ 17) ที่ด้านข้างหรือด้านหลังของ RCBO และมองเห็นได้ง่ายก่อนการติดตั้ง RCBO อาจทำเครื่องหมายที่มีข้อมูลตามข้อ 16) ที่ด้านในของฝาครอบใด ๆ ซึ่งต้องถอดออกก่อนเพื่อต่อสายไฟฟ้าของแหล่งจ่าย ข้อมูลอื่น ๆ ที่เหลือที่ไม่สามารถทำเครื่องหมายได้ต้องแสดงไว้ในแค็ตตาล็อกของผู้ทำ

นอกเหนือจาก RCBO ที่ทำงานด้วยปุ่มกด ตำแหน่งเปิดต้องแสดงด้วยสัญลักษณ์ “O” และตำแหน่งปิดต้องแสดงด้วยสัญลักษณ์ “|” (เส้นตรงสั้น ๆ)

สำหรับ RCBO ที่ทำงานด้วยปุ่มกด 2 ปุ่ม ปุ่มกดที่ออกแบบสำหรับการทำงานเปิดอย่างเดียวเท่านั้นต้องเป็นสีแดง และ/หรือ ทำเครื่องหมายด้วยสัญลักษณ์ “O”

ห้ามใช้สีแดง สำหรับปุ่มกดอื่นๆ ของ RCBO

ถ้าใช้ปุ่มกดสำหรับการปิดของหน้าสัมผัสและมีการระบุที่ชัดเจน ตำแหน่งที่ถูกกดลงต้องเพียงพอที่จะบอกว่าปิดอยู่

ถ้าใช้ปุ่มกดตัวเดียวสำหรับการปิดและเปิดของหน้าสัมผัสและมีการระบุที่ชัดเจน ปุ่มกดที่คงอยู่ในตำแหน่งที่ถูกกดลงต้องเพียงพอที่จะบอกว่าปิดอยู่ ในทางกลับกัน ถ้าปุ่มไม่คงอยู่ในตำแหน่งที่ถูกกดลง ต้องมีการชี้บอกเพิ่มเติม

ถ้ามีความจำเป็นต้องชี้ให้เห็นความแตกต่างระหว่างขั้วต่อสายของแหล่งจ่ายกับขั้วต่อสายของโหลด ต้องมีเครื่องหมายที่ชัดเจน (เช่น ใช้คำว่า “แหล่งจ่าย (line)” และ “โหลด (load)” ติดไว้ใกล้กับขั้วต่อสายที่สอดคล้องกันหรือใช้ลูกศรชี้บอกทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้า)

ขั้วต่อสายที่มีจุดประสงค์เฉพาะการต่อของวงจรสายกลางต้องแสดงด้วยตัวอักษร N

ขั้วต่อสายที่มีจุดประสงค์สำหรับตัวนำป้องกัน (ถ้ามี) ต้องแสดงด้วยสัญลักษณ์ ⏚ (IEC 60417-5019a))

หมายเหตุ สัญลักษณ์ ⏚ (IEC 60417-5017a)) ที่เคยแนะนำให้ใช้ ต้องแทนด้วยสัญลักษณ์ IEC 60417-5019a) ดังแสดงข้างต้น

เครื่องหมายต้องคงทน ถาวร อ่านได้ง่าย และต้องไม่ทำบนหมุดเกลียว แหวนรองหรือชิ้นส่วนอื่นที่ถอดออกได้

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ และทดสอบตามข้อ 9.3

7. ภาวะมาตรฐานสำหรับการใช้งานและการติดตั้ง

7.1 ภาวะมาตรฐาน

RCBO ที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ ต้องสามารถทำงานภายใต้ภาวะมาตรฐานที่กำหนดในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ภาวะมาตรฐานสำหรับการใช้งาน
(ข้อ 7.1 ข้อ 8.4.2 ข้อ 9.1.2 และข้อ 9.22.1.3)

ปริมาณที่มีอิทธิพล	พิสัยมาตรฐานของการใช้งาน	ค่าอ้างอิง	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนในการทดสอบ (ดูหมายเหตุ 6)
อุณหภูมิโดยรอบ (ดูหมายเหตุ 1 และ 7)	-5 °C ถึง +40 °C (ดูหมายเหตุ 2)	20 °C	± 5 °C
ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล	ไม่เกิน 2 000 m		
ความชื้นสัมพัทธ์ค่าสูงสุดที่ 40 °C	50 % (ดูหมายเหตุ 3)		
สนามแม่เหล็กภายนอก	ไม่เกิน 5 เท่าของสนามแม่เหล็กโลกในทุกทิศทาง	สนามแม่เหล็กโลก	(ดูหมายเหตุ 4)
ตำแหน่ง	เป็นไปตามที่ผู้ทำระบุ มีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 2° ในทุกทิศทาง (ดูหมายเหตุ 5)	เป็นไปตามที่ผู้ทำระบุ	2° ในทุกทิศทาง
ความถี่	ค่าอ้างอิง ± 5 % (ดูหมายเหตุ 6)	ค่าที่กำหนด	± 2 %
ความเพี้ยนของคลื่นไซน์	ไม่เกิน 5 %	0	5 %

หมายเหตุ
1) ค่าสูงสุดของอุณหภูมิเฉลี่ยแต่ละวัน +35 °C
2) ยอมให้ใช้ค่าที่อยู่นอกพิสัยนี้ในที่ที่มีภาวะอากาศรุนแรง ทั้งนี้ให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ทำกับผู้ใช้
3) ยอมให้ใช้ความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงกว่าได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า (เช่น 90 % ที่ 20 °C)
4) เมื่อติดตั้ง RCBO ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กรุนแรง อาจจำเป็นต้องมีข้อกำหนดเพิ่มเติม
5) ต้องยึด RCBO โดยไม่ทำให้เสียรูปซึ่งอาจมีผลต่อการทำงาน
6) ให้ใช้เกณฑ์ความเคลื่อนที่กำหนด เว้นแต่จะกำหนดไว้เป็นอย่างอื่นในการทดสอบที่เกี่ยวเนื่อง
7) ยอมให้ใช้ขีดจำกัดเพิ่มขึ้นเป็น –20 °C ถึง + 60 °C ได้ ในช่วงเวลาของการเก็บและการขนส่ง และควรคำนึงถึงการออกแบบของอุปกรณ์

7.2 ภาวะของการติดตั้ง

ต้องติดตั้ง RCBO ให้เป็นไปตามคู่มือการใช้ของผู้ทำ

8. ข้อกำหนดสำหรับการสร้างและการทำงาน

8.1 การออกแบบทางกล

8.1.1 ทั่วไป

ต้องออกแบบและประกอบ RCBO ซึ่งเมื่อใช้งานตามปกติ ต้องปลอดภัยและไม่มีอันตรายต่อผู้ใช้หรือสิ่งแวดล้อม

การตรวจจับกระแสเหลือและตัวปลดเนื่องจากกระแสเหลือ ต้องติดตั้งอยู่ระหว่างขั้วต่อสายด้านเข้ากับขั้วต่อสายด้านออกของ RCBO

ต้องไม่สามารถดัดแปลงแก้ไขลักษณะเฉพาะการทำงานของ RCBO ด้วยการแทรกแซงจากภายนอกได้ ยกเว้นการตั้งกระแสเหลือที่ทำงาน (แต่ต้องไม่สามารถตั้งได้โดยผู้ใช้ในการใช้งานตามปกติ)

ในกรณีที่ RCBO มีการตั้งกระแสเหลือที่ทำงานได้หลายค่า ให้ถือการตั้งค่าสูงสุดเป็นพิกัด

8.1.2 กลไก

หน้าสัมผัสเคลื่อนที่ได้ของทุกขั้วของ RCBO แบบหลายขั้ว ต้องมีกลไกเพื่อให้ทุกขั้วทำงานร่วมกัน ยกเว้นขั้วตัดต่อสายกลาง (ถ้ามี) ทุกขั้วต้องต่อและตัดวงจรด้วยกันทั้งการทำงานด้วยมือหรืออย่างอัตโนมัติ

ขั้วตัดต่อสายกลาง (ดูข้อ 3.3.15.3) ต้องเปิดหลังและปิดก่อนขั้วอื่น ๆ

ถ้าใช้ขั้วที่มีวิสัยสามารถการต่อและการตัดกระแสไฟฟ้าลัดวงจรเป็นขั้วสายกลาง และ RCBO มีการทำงานไม่ขึ้นกับมือ (ดูข้อ 3.7.5) ทุกขั้วรวมทั้งขั้วสายกลางอาจทำงานร่วมกัน

RCBO ต้องมีกลไกทริปอิสระ

RCBO ต้องสามารถปิดและเปิดได้ด้วยมือ สำหรับ RCBO แบบใช้เสียบที่ไม่มีมือจับทำงาน ไม่ต้องพิจารณาตามข้อกำหนดนี้ เพราะถือว่า RCBO สามารถถอดออกจากฐานได้

RCBO ต้องประกอบให้หน้าสัมผัสเคลื่อนที่ได้สามารถหยุดเฉพาะในตำแหน่งปิด (ดูข้อ 3.3.13) หรือในตำแหน่งเปิด (ดูข้อ 3.3.14) แม้ว่าจะปล่อยอุปกรณ์บังคับกลไกที่ตำแหน่งใด ๆ

RCBO ต้องจัดให้มีวิธีการชี้บอกทั้งตำแหน่งปิดและตำแหน่งเปิด ซึ่งต้องเห็นได้ง่ายจากด้านหน้าของ RCBO เมื่อประกอบเข้าไปในฝาครอบหรือแผ่นฝาครอบ (ถ้ามี) แล้ว (ดูข้อ 6)

เมื่อใช้อุปกรณ์บังคับกลไกเป็นตัวชี้บอกตำแหน่งของหน้าสัมผัส เมื่อปล่อยอุปกรณ์บังคับกลไกแล้วต้องอยู่ในตำแหน่งที่สอดคล้องกับหน้าสัมผัสเคลื่อนที่ได้ ในกรณีนี้อุปกรณ์ควบคุมการทำงานต้องมีตำแหน่งหยุดที่ชัดเจน 2 ตำแหน่งที่สอดคล้องกับตำแหน่งของหน้าสัมผัส แต่สำหรับการเปิดอย่างอัตโนมัติ อุปกรณ์บังคับกลไกต้องมีตำแหน่งหยุดที่ 3 ที่ชัดเจน ซึ่งในกรณีนี้ RCBO มีความจำเป็นต้องตั้งใหม่ด้วยมือก่อนต่อวงจรกลับคืน

ในกรณีของ RCBO ที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้าต่อวงจรกลับคืนอย่างอัตโนมัติ (ดูข้อ 4.1.2.1ก)) เมื่อแรงดันไฟฟ้ากลับคืนปกติหลังจากแรงดันไฟฟ้าล้มเหลว อุปกรณ์บังคับกลไกต้องยังคงอยู่ในตำแหน่งต่อวงจรตามด้วยหน้าสัมผัสเปิดอย่างอัตโนมัติ เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าเข้าไปใหม่ หน้าสัมผัสต้องปิดกลับคืนอย่างอัตโนมัติ ยกเว้นในระหว่างนั้นอุปกรณ์บังคับกลไกอยู่ในตำแหน่งตัดวงจร

หมายเหตุ สำหรับ RCBO แบบนี้ ห้ามใช้อุปกรณ์บังคับกลไกเป็นตัวชี้บอกตำแหน่งปิดและตำแหน่งเปิด

เมื่อใช้แสงเป็นตัวชี้บอก แสงต้องติดสว่างเมื่อ RCBO อยู่ในตำแหน่งปิดและมีสีสว่าง ห้ามใช้แสงเป็นตัวชี้บอกเพียงอย่างเดียวในการแสดงตำแหน่งปิด

การทำงานของกลไกต้องไม่มีอิทธิพลจากตำแหน่งของเปลือกหุ้มหรือฝาครอบ และต้องไม่ขึ้นอยู่กับชิ้นส่วนเคลื่อนที่ได้ใด ๆ

ถ้าใช้ฝาครอบที่ปิดผนึกจากผู้ทำ ให้ถือว่าเป็นชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ไม่ได้

ถ้าใช้ฝาครอบที่เป็นอุปกรณ์บังคับของปุ่มกด ต้องไม่สามารถถอดปุ่มกดได้จากด้านนอกของ RCBO

อุปกรณ์บังคับกลไกต้องยึดอย่างมั่นคงกับก้าน และต้องไม่สามารถถอดออกได้โดยไม่ใช้เครื่องมือช่วย ยอมให้ยึดอุปกรณ์บังคับกลไกกับฝาครอบโดยตรง ถ้าอุปกรณ์บังคับกลไกนั้นมีการเคลื่อนที่ "ขึ้น-ลง" เมื่อติดตั้ง RCBO ในสภาพใช้งานตามปกติ หน้าสัมผัสต้องปิดโดยการเคลื่อนที่ขึ้น

การตรวจสอบการเป็นไปตามข้อกำหนดข้างต้นให้ทำโดยการตรวจพินิจ ทดสอบด้วยมือ และสำหรับกลไกทริปอิสระให้ทดสอบตามข้อ 9.11

8.1.3 ระยะห่างในอากาศ และระยะตามผิวฉนวน (ดูภาคผนวก ข.)

ระยะห่างในอากาศและระยะตามผิวฉนวน ต้องมีค่าไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ในตารางที่ 5 เมื่อติดตั้ง RCBO เหมือนสภาพใช้งานตามปกติ

ตารางที่ 5 ระยะห่างในอากาศและระยะตามผิวฉนวน
(ข้อ 8.1.3)

รายละเอียด	ระยะห่าง mm
ระยะห่างในอากาศ [1]	
1. ระหว่างส่วนที่มีไฟฟ้าที่แยกจากกันเมื่อ RCBO อยู่ในตำแหน่งเปิด [2]	3
2. ระหว่างส่วนที่มีไฟฟ้าของขั้วต่างกัน [3]	3
3. ระหว่างส่วนที่มีไฟฟ้ากับ	
- อุปกรณ์บังคับกลไกที่เป็นโลหะ	3
- หมุดเกลียวหรืออุปกรณ์อื่นสำหรับใช้ยึดฝาครอบซึ่งต้องถอดออกเมื่อยึดติด RCBO	3
- ผิวหน้าของฐานติดตั้ง [4]	6 (3)
- หมุดเกลียวหรืออุปกรณ์อื่นสำหรับใช้ยึด RCBO [4]	6 (3)
- ฝาครอบโลหะหรือกล่องโลหะ [4]	6 (3)
- ส่วนโลหะอื่นที่เข้าถึงได้ [5]	3
- โครงโลหะที่เป็นฐานรองรับ RCBO แบบฝัง	3
4. ระหว่างส่วนโลหะของกลไกกับ	
- ส่วนโลหะที่เข้าถึงได้	3
- หมุดเกลียวหรืออุปกรณ์อื่นสำหรับยึด RCBO	3
- โครงโลหะที่เป็นฐานรองรับ RCBO แบบฝัง	3
ระยะตามผิวฉนวน [1]	
1. ระหว่างส่วนที่มีไฟฟ้าที่แยกจากกันเมื่อ RCBO อยู่ในตำแหน่งเปิด [2]	3
2. ระหว่างส่วนที่มีไฟฟ้าของขั้วต่างกัน [3]	
- สำหรับ RCBO มีแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดไม่เกิน 250 โวลต์	3
- สำหรับ RCBO อื่นๆ	4
3. ระหว่างส่วนที่มีไฟฟ้ากับ	
- อุปกรณ์บังคับกลไกที่เป็นโลหะ	3
- หมุดเกลียวหรืออุปกรณ์อื่นสำหรับใช้ยึดฝาครอบ ซึ่งต้องถอดออกเมื่อติดตั้ง RCBO	3
- หมุดเกลียว หรืออุปกรณ์อื่นสำหรับใช้ยึด RCBO [4]	6 (3)
- ส่วนโลหะที่เข้าถึงได้ [5]	3

หมายเหตุ [1] ไม่ต้องพิจารณาระยะห่างในอากาศและระยะตามผิวฉนวนของวงจรทุติยภูมิ และระหว่างขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงกระแสของ RCBO

[2] ไม่ใช้กับหน้าสัมผัสช่วย และหน้าสัมผัสควบคุม

[3] ต้องระวังการเตรียมระยะห่างให้เพียงพอสำหรับส่วนที่มีไฟฟ้าของขั้วต่างกันของ RCBO แบบใช้เสียบที่อยู่ติดกัน ค่าที่กำหนดอยู่ระหว่างการพิจารณา

[4] ถ้าระยะห่างในอากาศและระยะตามผิวฉนวนระหว่างส่วนที่มีไฟฟ้าของอุปกรณ์กับแนวกั้นโลหะหรือผิวหน้าที่ใช้ติดตั้ง RCBO ขึ้นอยู่กับการออกแบบเท่านั้น ดังนั้นค่านี้จะไม่สามารถลดลงได้เมื่อติดตั้งในตำแหน่งที่เลวที่สุด (รวมทั้งเปลือกหุ้มโลหะ) ยอมให้ใช้ค่าที่อยู่ในวงเล็บได้

[5] ให้รวมถึงแผ่นโลหะบางที่ติดอยู่กับผิวหน้าของวัสดุฉนวนซึ่งเข้าถึงได้หลังจากติดตั้งใช้งานตามปกติ ให้กดแผ่นโลหะบางเข้ากับมุม ร่อง เป็นต้น โดยใช้นิ้วทดสอบแบบข้อต่อตรง ตามที่กำหนดในข้อ 9.6

8.1.4 หมุดเกลียว ส่วนที่มีกระแสไฟฟ้า และการต่อ

8.1.4.1 การต่อทางไฟฟ้าและทางกล ต้องทนความเค้นทางกลที่เกิดขึ้นในการใช้งานตามปกติได้

หมุดเกลียวที่ใช้ยึด RCBO ระหว่างการติดตั้งต้องไม่ใช้หมุดเกลียวปล่อยแบบเกลียวตัด

หมายเหตุ หมุดเกลียว (หรือแป้นเกลียว) ที่ใช้งานเมื่อติดตั้ง RCBO ให้รวมถึงหมุดเกลียวสำหรับยึดฝาครอบหรือแผ่นป้ายฝาครอบ แต่ไม่รวมถึงการต่อสำหรับท่อเกลียว และการยึดฐานติดตั้งของ RCBO

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ และทดสอบตามข้อ 9.4

หมายเหตุ ให้ตรวจสอบการต่อด้วยหมุดเกลียวด้วยการทดสอบตามข้อ 9.8 ข้อ 9.12 ข้อ 9.13 ข้อ 9.14 และข้อ 9.23

8.1.4.2 หมุดเกลียวที่ขันเข้ากับเกลียวที่เป็นวัสดุฉนวน และใช้ยึด RCBO ระหว่างการติดตั้งต้องมั่นใจว่าสามารถขันหมุดเกลียวเข้าในรูเกลียวหรือแป้นเกลียวได้ถูกต้อง

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ และทดสอบด้วยมือ

หมายเหตุ ให้ถือว่าเป็นไปตามข้อกำหนดเกี่ยวกับการขันหมุดเกลียวได้ถูกต้อง ถ้ามีการป้องกันการใส่หมุดเกลียวในลักษณะเอียง เช่น มีร่องนำหมุดเกลียวด้วยชิ้นส่วนที่ยึดกับที่ โดยการคว้านนำที่รูเกลียว หรือโดยการใช้หมุดเกลียวที่ลบปลายเกลียว

8.1.4.3 การต่อทางไฟฟ้า ต้องออกแบบให้แรงกดสัมผัสไม่ส่งผ่านไปยังวัสดุฉนวนที่ไม่ใช่เซรามิก ไมกาบริสุทธิ์ หรือวัสดุฉนวนอื่นที่มีลักษณะเฉพาะเทียบเท่ากัน เว้นแต่มีความยืดหยุ่นของส่วนโลหะเพียงพอที่จะชดเชยการหดตัวหรืออ่อนตัวที่อาจเกิดขึ้นของวัสดุฉนวน

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

หมายเหตุ ความเหมาะสมของวัสดุให้พิจารณาจากการคงตัวของรูปร่าง

8.1.4.4 ส่วนที่มีกระแสไฟฟ้า รวมทั้งชิ้นส่วนสำหรับตัวนำป้องกัน (ถ้ามี) ต้องทำด้วย

- ทองแดง
- โลหะเจือที่มีทองแดงไม่น้อยกว่าร้อยละ 58 สำหรับชิ้นส่วนที่ขึ้นรูปเย็น หรือไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 สำหรับชิ้นส่วนอื่น ๆ
- โลหะอื่นหรือโลหะเคลือบที่เหมาะสม มีความทนทานต่อการกัดกร่อนไม่น้อยกว่าทองแดง และมีสมบัติทางกลที่เทียบเท่า

ข้อกำหนดนี้ไม่ใช้กับหน้าสัมผัส วงจรสนามแม่เหล็ก อุปกรณ์ให้ความร้อน ชิ้นส่วนโลหะคู่ (bimetal) ตัวต่อแบบขนาน (shunt) ชิ้นส่วนของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ รวมทั้งหมุดเกลียว แป้นเกลียว แหวนรอง แผ่นยึด ชิ้นส่วนของขั้วต่อสายที่คล้ายกัน และชิ้นส่วนของวงจรทดสอบ

8.1.5 ขั้วต่อสายสำหรับตัวนำภายนอก

8.1.5.1 ขั้วต่อสายสำหรับตัวนำภายนอก ต้องสามารถต่อเข้ากับตัวนำอย่างมั่นใจได้ว่าแรงกดสัมผัสที่จำเป็นอยู่อย่างถาวร

ในมาตรฐานนี้ ให้ใช้เฉพาะขั้วต่อแบบหมุดเกลียวสำหรับต่อกับตัวนำทองแดงภายนอกเท่านั้น

ยอมให้มีการเตรียมการต่อกับแท่งตัวนำ (busbar) แต่ห้ามใช้ต่อกับสายไฟฟ้า

การเตรียมการดังกล่าวอาจเป็นได้ทั้งแบบใช้เสียบหรือแบบใช้สลักเกลียว

ขั้วต่อสายต้องเข้าถึงได้ง่ายเมื่อต้องการใช้งาน

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ และการทดสอบตามข้อ 9.5

8.1.5.2 RCBOต้องมีขั้วต่อสายที่สามารถต่อกับตัวนำทองแดงที่มีพื้นที่หน้าตัดระบุดังแสดงในตารางที่ 6 ได้

หมายเหตุ ตัวอย่างการออกแบบขั้วต่อสายที่เป็นไปได้ ให้เป็นไปตามภาคผนวก ฐ.

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ วัด และโดยการต่อกับตัวนำที่มีพื้นที่หน้าตัดเล็กสุดและใหญ่สุดตามที่กำหนดทีละครั้ง

ตารางที่ 6 พื้นที่หน้าตัดระบุของตัวนำทองแดงสำหรับขั้วต่อแบบหมุดเกลียว
(ข้อ 8.1.5.2 ข้อ 9.4 ข้อ 9.5 ข้อ 9.5.1 ข้อ 9.5.2 ข้อ 9.5.3 ข้อ 9.12.2 และข้อ 9.22.2)

กระแสไฟฟ้าที่กำหนด A		พิสัยของพื้นที่หน้าตัดระบุที่ต้องยึด* mm^2	
เกิน	ไม่เกิน	ตัวนำแข็ง (ตันหรือตีเกลียว)	ตัวนำอ่อน
–	13	1 ถึง 2.5	1 ถึง 2.5
13	16	1 ถึง 4	1 ถึง 4
16	25	1.5 ถึง 6	1.5 ถึง 6
25	32	2.5 ถึง 10	2.5 ถึง 6
32	50	4 ถึง 16	4 ถึง 10
50	80	10 ถึง 25	10 ถึง 16
80	100	16 ถึง 35	16 ถึง 25
100	125	25 ถึง 50	25 ถึง 35

* ในข้อกำหนดนี้ สำหรับกระแสไฟฟ้าที่กำหนดไม่เกิน 50 A ต้องออกแบบให้ขั้วต่อสายยึดตัวนำตันแข็งให้ได้ดีเท่ากับตัวนำตีเกลียวแข็ง แต่ยอมให้ออกแบบขั้วต่อสายสำหรับตัวนำที่มีพื้นที่หน้าตัด 1 mm^2 ถึง 6 mm^2 สามารถยึดตัวนำตันได้เท่านั้น

8.1.5.3 วิธีการยึดตัวนำในขั้วต่อสาย ต้องไม่ใช้ยึดส่วนประกอบอื่น ๆ แม้แต่การยึดขั้วต่อสายไว้ในตำแหน่งหรือป้องกันการหมุนของขั้วต่อสาย

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ และทดสอบตามข้อ 9.5

8.1.5.4 ขั้วต่อสายสำหรับกระแสไฟฟ้าที่กำหนดไม่เกิน 32 แอมแปร์ ต้องต่อกับตัวนำได้โดยไม่ต้องมีการเตรียมตัวนำเป็นพิเศษ

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

หมายเหตุ คำว่า “การเตรียมตัวนำเป็นพิเศษ” หมายถึง การบัดกรีลวดของตัวนำ การใช้หูสาย การทำตาไก่ เป็นต้น แต่ไม่รวมถึงการตกแต่งรูปร่างของตัวนำก่อนต่อเข้ากับขั้วต่อสาย หรือการบิดตัวนำของสายอ่อนเพื่อทำให้ปลายตัวนำแข็งขึ้น

8.1.5.5 ขั้วต่อสายต้องมีความแข็งแรงทางกลอย่างเพียงพอ

หมุดเกลียวหรือแป้นเกลียวสำหรับยึดตัวนำ ต้องเป็นเกลียวเมตริกไอเอสโอ (metric ISO) หรือเกลียวที่มีระยะพิตช์และความแข็งแรงทางกลเทียบเท่ากัน

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ และทดสอบตามข้อ 9.4 และข้อ 9.5.1

8.1.5.6 ต้องออกแบบขั้วต่อสายให้จับยึดตัวนำโดยไม่ทำให้ตัวนำเสียหาย

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ และทดสอบตามข้อ 9.5.2

8.1.5.7 ต้องออกแบบขั้วต่อสายให้จับยึดตัวนำระหว่างผิวโลหะได้อย่างมั่นคง

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ และทดสอบตามข้อ 9.4 และข้อ 9.5.1

8.1.5.8 ต้องออกแบบหรือวางตำแหน่งของขั้วต่อสาย เพื่อให้ทั้งตัวนำตันแข็งหรือตัวนำตีเกลียวไม่เลื่อนหลุดขณะขันหมุดเกลียวหรือแป้นเกลียวให้แน่น

ข้อกำหนดนี้ไม่ใช้กับขั้วต่อหูสาย

การตรวจสอบให้ทำโดยการทดสอบตามข้อ 9.5.3

8.1.5.9 ต้องยึดขั้วต่อสายหรือให้อยู่ในตำแหน่ง เมื่อขันหรือคลายหมุดเกลียวหรือแป้นเกลียวยึด การยึดนั้นต้องไม่หลุดหลวม

ข้อกำหนดนี้ไม่ได้หมายความว่าต้องออกแบบให้มีการป้องกันการหมุนหรือเคลื่อนตัวของขั้วต่อสาย แต่การเคลื่อนที่ใด ๆ ต้องอยู่ในเขตจำกัดที่เพียงพอ เพื่อป้องกันการไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานนี้

การใช้สารปิดผนึกหรือเรซิน ถือว่ามีการป้องกันขั้วต่อสายหลุดหลวมขณะใช้งานเพียงพอ หาก

- สารปิดผนึกหรือเรซิน ไม่ได้รับแรงบิดในขณะใช้งานตามปกติ
- ประสิทธิผลของสารปิดผนึกหรือเรซิน ไม่เสื่อมลงเนื่องจากอุณหภูมิที่ขั้วต่อสายภายใต้ภาวะที่กำหนดเลวที่สุดตามมาตรฐานนี้

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ วัด และทดสอบตามข้อ 9.4

8.1.5.10 หมุดเกลียวหรือแป้นเกลียวยึดของขั้วต่อสายที่ใช้สำหรับต่อกับตัวนำป้องกันต้องมีการยึดอย่างมั่นคง เพื่อป้องกันการคลายออกโดยบังเอิญ และต้องไม่สามารถคลายออกได้โดยไม่ใช้เครื่องมือ

การตรวจสอบให้ทำโดยการทดสอบด้วยมือ

โดยทั่วไป การออกแบบของขั้วต่อสายดังตัวอย่างที่แสดงในภาคผนวก ฐ. ถือว่ามีความยืดหยุ่นเพียงพอที่เป็นไปตามข้อกำหนดนี้ ข้อกำหนดพิเศษของการออกแบบอื่น เช่น การใช้ชิ้นส่วนที่มีความยืดหยุ่นอย่างเพียงพอซึ่งต้องไม่สามารถถอดออกได้โดยบังเอิญอาจมีความจำเป็น

8.1.5.11 หมุดเกลียว และแป้นเกลียวของขั้วต่อสายที่ใช้สำหรับต่อกับตัวนำภายนอก ต้องขันเข้ากับเกลียวโลหะ และห้ามใช้หมุดเกลียวปล่อย

8.1.6 การสับเปลี่ยนทดแทนกันไม่ได้

สำหรับ RCBO ที่มีจุดประสงค์ให้ติดตั้งบนฐานรวมเป็นหน่วยเดียวกัน (แบบใช้เสียบหรือแบบเกลียว) เมื่อติดตั้งและต่อสายขณะใช้งานตามปกติ ต้องไม่สามารถแทนที่ RCBO ด้วย RCBO อื่นที่ทำเหมือนกันแต่มีกระแสไฟฟ้าที่กำหนดสูงกว่าได้โดยไม่ใช้เครื่องมือ

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

หมายเหตุ คำว่า “ขณะใช้งานตามปกติ” หมายความว่า ติดตั้ง RCBO ตามคำแนะนำของผู้ทำ

8.2 การป้องกันช็อกไฟฟ้า

ต้องออกแบบ RCBO ให้ไม่สามารถเข้าถึงส่วนที่มีไฟฟ้าได้ เมื่อติดตั้งและต่อสายตามการใช้งานตามปกติ

หมายเหตุ คำว่า “การใช้งานตามปกติ” หมายความว่า ติดตั้งและต่อสาย RCBO ตามคำแนะนำของผู้ทำ

ชิ้นส่วนใดชิ้นส่วนหนึ่ง ให้ถือว่า “เข้าถึงได้” ถ้าสามารถสัมผัสได้ด้วยนิ้วทดสอบมาตรฐาน (ดูข้อ 9.6)

สำหรับ RCBO (ยกเว้นแบบใช้เสียบ) ชิ้นส่วนภายนอก (ยกเว้นหมุดเกลียวหรืออุปกรณ์อื่นสำหรับยึดฝาครอบหรือแผ่นป้าย) ซึ่งเข้าถึงได้เมื่อติดตั้ง RCBO และต่อสายตามการใช้งานตามปกติ ต้องเป็นวัสดุฉนวนหรือบุด้วยวัสดุฉนวนโดยตลอด นอกจากว่าส่วนที่มีไฟฟ้าอยู่ภายในเปลือกหุ้มที่เป็นฉนวน

การบุของวัสดุฉนวนต้องยึดแน่นจนไม่สามารถหลุดออกได้ในขณะติดตั้ง RCBO วัสดุฉนวนต้องมีความหนาและความแข็งแรงอย่างเพียงพอ และต้องมีการป้องกันอย่างเพียงพอเมื่อติดตั้งในที่ที่มีขอบคม

ทางเข้าสายไฟฟ้าหรือท่อร้อยสายไฟฟ้า ต้องเป็นวัสดุฉนวนหรือจัดเตรียมให้มีปลอกฉนวนหรืออุปกรณ์อื่นที่คล้ายกันทำด้วยวัสดุฉนวน ต้องยึดอุปกรณ์เหล่านี้ให้แน่นและต้องมีความแข็งแรงทางกลอย่างเพียงพอ

สำหรับ RCBO แบบใช้เสียบ ชิ้นส่วนภายนอกยกเว้นหมุดเกลียวหรืออุปกรณ์ยึดอื่นสำหรับยึดฝาครอบซึ่งเข้าถึงได้ในการใช้งานตามปกติ ต้องเป็นวัสดุฉนวน

อุปกรณ์บังคับกลไกที่เป็นโลหะต้องทำการฉนวนจากส่วนที่มีไฟฟ้า และชิ้นส่วนตัวนำซึ่งอาจเป็น “ชิ้นส่วนตัวนำที่เผยตัว” ต้องครอบด้วยวัสดุฉนวน ยกเว้นวิธีการฉนวนร่วมกันสำหรับอุปกรณ์บังคับกลไกหลายขั้ว

ต้องไม่สามารถเข้าถึงชิ้นส่วนโลหะของกลไกได้ นอกจากนั้นต้องทำการฉนวนจากชิ้นส่วนโลหะที่เข้าถึงได้จากโครงโลหะรองรับฐานติดตั้งของ RCBO แบบฝัง จากหมุดเกลียวหรืออุปกรณ์อื่นสำหรับยึดฐานติดกับโครงรองรับ และจากแผ่นโลหะที่ใช้เป็นฐานรองรับ

ต้องสามารถเปลี่ยน RCBO แบบใช้เสียบได้ง่ายโดยไม่สัมผัสกับส่วนที่มีไฟฟ้า

แล็กเกอร์และอิแนเมล ไม่ถือว่ามีความเป็นฉนวนที่เพียงพอสำหรับข้อกำหนดนี้

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ และทดสอบตามข้อ 9.6

8.3 สมบัติไดอิเล็กทริก

RCBO ต้องมีสมบัติไดอิเล็กทริกอย่างเพียงพอ

วงจรควบคุมที่ต่อเข้ากับวงจรประธานต้องไม่เสียหายเนื่องจากแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงสูง ซึ่งเกิดจากการวัดความเป็นฉนวนที่ต้องทำตามปกติภายหลังติดตั้ง RCBO แล้ว

การตรวจสอบให้ทำโดยการทดสอบตามข้อ 9.7 และข้อ 9.20

8.4 อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น

8.4.1 ขีดจำกัดของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น

อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของ RCBO ที่กำหนดในตารางที่ 7 วัดภายใต้ภาวะที่กำหนดในข้อ 9.8.2 ต้องมีค่าไม่เกินค่าขีดจำกัดที่กำหนดในตาราง

RCBO ต้องไม่ได้รับความเสียหายจนทำหน้าที่เสื่อมลง และการใช้งานอย่างปลอดภัยเสื่อมลง

ตารางที่ 7 อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น
(ข้อ 8.4.1 ข้อ8.4.2 ข้อ 9.8.2 และข้อ 9.8.3)

ชิ้นส่วนต่าง ๆ [ก) ข)]	อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น K
ขั้วต่อสายสำหรับต่อกับตัวนำภายนอก [ค)]	65
ชิ้นส่วนภายนอก ซึ่งสัมผัสได้ขณะใช้งาน RCBO ด้วยมือ รวมทั้งอุปกรณ์บังคับกลไกที่เป็นวัสดุฉนวน และอุปกรณ์โลหะที่มีวิธีการฉนวนร่วมกันสำหรับอุปกรณ์บังคับกลไกหลายขั้ว	40
ชิ้นส่วนโลหะภายนอกของอุปกรณ์บังคับกลไก	25
ชิ้นส่วนภายนอกอื่น รวมทั้งผิวหน้าของ RCBO ที่สัมผัสโดยตรงกับพื้นผิวติดตั้ง	60
หมายเหตุ ก) ไม่มีการกำหนดค่าจำกัดของหน้าสัมผัส เนื่องจากในการออกแบบ RCBO ส่วนใหญ่ การวัดอุณหภูมิโดยตรงของชิ้นส่วนเหล่านี้ไม่สามารถทำได้โดยไม่มีความเสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงหรือการเลื่อนตำแหน่งของชิ้นส่วนที่มีผลต่อการทดสอบซ้ำอีก การทดสอบความเชื่อถือได้ (ดูข้อ 9.22) ถือว่าเพียงพอสำหรับการตรวจสอบการทำงานทางอ้อมของหน้าสัมผัสเนื่องจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นมากเกินไปขณะใช้งาน ข) ไม่มีการกำหนดค่าจำกัดของชิ้นส่วนอื่นนอกเหนือจากที่กำหนดไว้ในตาราง แต่ต้องไม่ทำความเสียหายต่อชิ้นส่วนฉนวนข้างเคียง และต้องไม่ทำให้การทำงานของ RCBO เสื่อมลง ค) สำหรับ RCBO แบบใช้เสียบ ให้วัดที่ขั้วต่อสายของฐานติดตั้ง	

8.4.2 อุณหภูมิอากาศโดยรอบ

ขีดจำกัดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นที่กำหนดในตารางที่ 7 ใช้ได้เฉพาะกับอุณหภูมิของอากาศโดยรอบที่มีค่าอยู่ระหว่างขีดจำกัดที่กำหนดในตารางที่ 4

8.5 ลักษณะเฉพาะการทำงาน

ลักษณะเฉพาะการทำงานของ RCBO ภายใต้ภาวะกระแสเหลือหรือกระแสเกินต้องเป็นไปตามที่กำหนดในข้อ 9.9

8.5.1 ภายใต้ภาวะกระแสเหลือ

ลักษณะเฉพาะการทำงานของ RCBO ต้องเป็นไปตามที่กำหนดในข้อ 9.9.1

8.5.2 ภายใต้ภาวะกระแสเกิน

RCBO ต้องเป็นไปตามที่กำหนดในข้อ 8.5.2.1 และข้อ 8.5.2.2

8.5.2.1 ย่านมาตรฐานของเวลา-กระแส (เกิน)

ลักษณะเฉพาะการทริปของ RCBO ต้องมั่นใจว่ามีการป้องกันจากกระแสเกินอย่างเพียงพอโดยไม่มีการทำงานก่อนเวลาที่กำหนด

ย่านของลักษณะเฉพาะเวลา-กระแส (ลักษณะเฉพาะการทริป) ของ RCBO กำหนดโดยภาวะและค่าที่กำหนดในตารางที่ 8

ค่าที่กำหนดในตารางที่ 8 ใช้กับ RCBO ที่ติดตั้งในภาวะอ้างอิง (ข้อ 9.2) และทำงานที่อุณหภูมิสอบเทียบอ้างอิง 30 องศาเซลเซียส ที่มีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน $^{+5}_{0}$ องศาเซลเซียส (ดูหมายเหตุของตารางที่ 8)

การตรวจสอบให้ทำโดยการทดสอบตามข้อ 9.9.2

การตรวจสอบให้ทำที่อุณหภูมิใดๆ ก็ได้ ให้ปรับผลทดสอบไปที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เพื่อเทียบกับข้อมูลที่ผู้ทำกำหนด

ในทุกกรณีการแปรผันของกระแสไฟฟ้าทดสอบตามตารางที่ 8 ต้องไม่เกินร้อยละ 1.2 ต่อเคลวินของการแปรผันของอุณหภูมิสอบเทียบ

ถ้า RCBO แสดงเครื่องหมายอุณหภูมิสอบเทียบแตกต่างจาก 30 องศาเซลเซียส ให้ทดสอบที่อุณหภูมิที่แสดงเครื่องหมายไว้

หมายเหตุ ผู้ทำต้องจัดเตรียมข้อมูลที่เกี่ยวกับการแปรผันของลักษณะเฉพาะการทริปสำหรับอุณหภูมิสอบเทียบที่แตกต่างไปจากค่าอ้างอิง

ตารางที่ 8 ลักษณะเฉพาะการทำงานของเวลา – กระแส

(ข้อ 8.5.2.1 และข้อ 9.9.2.1)

การทดสอบ	แบบ	กระแสไฟฟ้าทดสอบ	ภาวะเริ่มต้น	ขีดจำกัดเวลาการทริปหรือเวลาการไม่ทริป	ผลทดสอบที่ได้	หมายเหตุ
1	B, C, D	1.13 I_n	เย็น [1]	$t \geq 1$ h (สำหรับ $I_n \leq 63$ A) $t \geq 2$ h (สำหรับ $I_n > 63$ A)	ไม่ทริป	–
2	B, C, D	1.45 I_n	ทันทีหลังการทดสอบ 1	$t < 1$ h (สำหรับ $I_n \leq 63$ A) $t < 2$ h (สำหรับ $I_n > 63$ A)	ทริป	กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างคงที่ภายในเวลา 5 s
3	B, C, D	2.55 I_n	เย็น [1]	$1 \text{ s} < t < 60 \text{ s}$ (สำหรับ $I_n \leq 32$ A) $1 \text{ s} < t < 120 \text{ s}$ (สำหรับ $I_n > 32$ A)	ทริป	
4	B C D	3 I_n 5 I_n 10 I_n	เย็น [1]	$t \geq 0.1$ s	ไม่ทริป	ป้อนกระแสไฟฟ้าโดยการปิดของสวิตช์ช่วย
5	B C D	5 I_n 10 I_n 50 I_n	เย็น [1]	$t < 0.1$ s	ทริป	ป้อนกระแสไฟฟ้าโดยการปิดของสวิตช์ช่วย

หมายเหตุ [1] คำว่า “เย็น” หมายความว่า ไม่มีการป้อนโหลดก่อน ที่อุณหภูมิสอบเทียบอ้างอิง

8.5.2.2 ปริมาณที่ใช้ทั่วไป

ก) เวลาที่ใช้ทั่วไป

เวลาที่ใช้ทั่วไป คือ 1 ชั่วโมง สำหรับ RCBO ที่มีกระแสไฟฟ้าที่กำหนดไม่เกิน 63 แอมแปร์ และ 2 ชั่วโมงสำหรับ RCBO ที่มีกระแสไฟฟ้าที่กำหนดเกิน 63 แอมแปร์

ข) กระแสเกินไม่ทริปที่ใช้ทั่วไป (I_{nt})

กระแสเกินไม่ทริปที่ใช้ทั่วไปของ RCBO คือ 1.13 เท่าของกระแสไฟฟ้าที่กำหนด

ค) กระแสเกินทริปที่ใช้ทั่วไป (I_t)

กระแสเกินทริปที่ใช้ทั่วไปของ RCBO คือ 1.45 เท่าของกระแสไฟฟ้าที่กำหนด

8.5.2.3 ลักษณะเฉพาะการทริปกระแสเกิน

ลักษณะเฉพาะการทริปกระแสเกินของ RCBO ต้องอยู่ภายในย่านที่กำหนดในข้อ 8.5.2.1

หมายเหตุ ภาวะของอุณหภูมิและการติดตั้งที่แตกต่างไปจากที่กำหนดในข้อ 9.2 (เช่น ติดตั้งในเปลือกหุ้มพิเศษ รวมกลุ่มของ RCBO ในเปลือกหุ้มเดียวกัน ฯลฯ) อาจมีผลกระทบต่อลักษณะเฉพาะการทริปของ RCBO

ผู้ทำต้องจัดเตรียมข้อมูลที่เกี่ยวกับการแปรผันของลักษณะเฉพาะการทริปสำหรับอุณหภูมิสอบเทียบที่แตกต่างไปจากค่าอ้างอิง ภายในขีดจำกัดตามข้อ 7.1

8.5.2.4 ผลของอุณหภูมิของอากาศโดยรอบต่อลักษณะเฉพาะการทริปกระแสเกิน

นอกเหนือจากอุณหภูมิอ้างอิง อุณหภูมิโดยรอบภายในขีดจำกัดของ −5 องศาเซลเซียส ถึง +40 องศาเซลเซียส ต้องไม่มีผลกระทบต่อลักษณะเฉพาะการทริปกระแสเกินของ RCBO จนยอมรับไม่ได้

การตรวจสอบให้ทำโดยการทดสอบตามข้อ 9.9.2.3

8.6 ความทนทานการใช้งานทางกลและทางไฟฟ้า

RCBO ต้องสามารถทำงานทางกลและทางไฟฟ้าได้จำนวนรอบเพียงพอ

การตรวจสอบให้ทำโดยการทดสอบตามข้อ 9.10

8.7 สมรรถนะที่กระแสไฟฟ้าลัดวงจร

RCBO ต้องสามารถทำงานได้ตามจำนวนรอบการทำงานลัดวงจรที่กำหนด โดยในระหว่างนั้นต้องไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน และต้องไม่ทำให้เกิดการวาบไฟระหว่างชิ้นส่วนของตัวนำไฟฟ้าหรือระหว่างชิ้นส่วนของตัวนำไฟฟ้ากับดิน

การตรวจสอบให้ทำโดยการทดสอบตามข้อ 9.12

8.8 ความทนการช็อกและแรงกระแทกทางกล

RCBO ต้องมีสมบัติทางกลอย่างเพียงพอ เพื่อทนต่อความเค้นที่เกิดขึ้นในระหว่างการติดตั้งและใช้งาน

การตรวจสอบให้ทำโดยการทดสอบตามข้อ 9.13

8.9 ความทนความร้อน

RCBO ต้องมีความทนความร้อนอย่างเพียงพอ

การตรวจสอบให้ทำโดยการทดสอบตามข้อ 9.14

8.10 ความทนความร้อนผิดปกติและไฟ

ชิ้นส่วนภายนอกของ RCBO ที่ทำด้วยวัสดุฉนวน ต้องไม่จุดติดไฟและไม่ลามไฟถ้าส่วนที่มีกระแสไฟฟ้าที่อยู่ใกล้เคียงอยู่ภายใต้ภาวะผิดพร่องหรือโหลดเกินจนเกิดอุณหภูมิสูง ความทนความร้อนผิดปกติและไฟของชิ้นส่วนอื่นที่ทำด้วยวัสดุฉนวนให้ตรวจสอบด้วยการทดสอบอื่นของมาตรฐานนี้

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ และทดสอบตามข้อ 9.15

8.11 อุปกรณ์ทดสอบ

RCBO ต้องมีอุปกรณ์ทดสอบสำหรับจำลองกระแสเหลือให้ไหลผ่านอุปกรณ์ตรวจจับ เพื่อให้ใช้ทดสอบขีดความสามารถการทำงานของอุปกรณ์ตัดวงจรกระแสเหลือเป็นระยะ ๆ

หมายเหตุ อุปกรณ์ทดสอบมีไว้ใช้ตรวจสอบการทริป ไม่ใช่ตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานด้วยค่ากระแสเหลือที่ทำงานและเวลาตัดวงจรที่กำหนด

จำนวนแอมแปร์-รอบที่เกิดขึ้นเมื่ออุปกรณ์ทดสอบของ RCBO ทำงานที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดหรือที่ค่าสูงสุดของพิสัยแรงดันไฟฟ้าต้องไม่เกิน 2.5 เท่าของจำนวนแอมแปร์-รอบที่เกิดขึ้น เมื่อกระแสเหลือเท่ากับ $I_{\Delta n}$ ไหลผ่านขั้วใดขั้วหนึ่งของ RCBO

ในกรณีที่ RCBO มีการตั้งค่ากระแสเหลือที่ทำงานได้หลายค่า (ดูข้อ 4.4) ให้ใช้ค่าตั้งต่ำสุดของ RCBO ที่ได้ออกแบบไว้

อุปกรณ์ทดสอบ ต้องเป็นไปตามการทดสอบข้อ 9.16

ตัวนำป้องกันของการติดตั้ง ต้องไม่กลายเป็นส่วนที่มีไฟฟ้าเมื่ออุปกรณ์ทดสอบทำงาน

เมื่อ RCBO ต่อสายใช้งานตามปกติและอยู่ในตำแหน่งเปิด การทำงานของอุปกรณ์ทดสอบต้องไม่สามารถให้กำลังกับวงจรด้านโหลดได้

อุปกรณ์ทดสอบต้องไม่ใช่วิธีการเดียวเพื่อเปิดวงจรเพียง และไม่มีจุดประสงค์หลักเพื่อใช้ในการทำงาน

8.12 ข้อกำหนดสำหรับ RCBO ที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้า

RCBO ที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้า ต้องทำงานอย่างถูกต้องที่ค่าใด ๆ ของแรงดันไฟฟ้าระหว่าง 0.85 เท่า ถึง 1.1 เท่าของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด สำหรับ RCBO แบบหลายขั้วต้องป้อนทางเดินไฟฟ้าจากทุกเฟสและสายกลาง (ถ้ามี)

การตรวจสอบให้ทำโดยการทดสอบตามข้อ 9.17 ภายใต้ภาวะทดสอบเพิ่มเติมที่กำหนดในข้อ 9.9.1.2

RCBO แต่ละประเภท ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ข้อกำหนดสำหรับ RCBO ที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้า
(ข้อ 8.12 และข้อ 9.17.3)

ประเภทของ RCBO ตามข้อ 4.1		การทำงานในกรณีที่แรงดันไฟฟ้าล้มเหลว
RCBO เปิดวงจรอย่างอัตโนมัติ ในกรณีที่แรงดันไฟฟ้าล้มเหลว (ข้อ 4.1.2.1)	ไม่มีการหน่วงเวลา	เปิดวงจรโดยไม่มีการหน่วงเวลา ตามภาวะที่กำหนด ในข้อ 9.17.2 ก)
	มีการหน่วงเวลา	เปิดวงจรโดยมีการหน่วงเวลา ตามที่กำหนดในข้อ 9.17.2 ข) การทำงานอย่างถูกต้องระหว่างการหน่วงเวลา ต้องทวนสอบตามที่กำหนดในข้อ 9.17.3
RCBO ไม่เปิดวงจรอย่างอัตโนมัติ ในกรณีที่แรงดันไฟฟ้าล้มเหลว (ข้อ 4.1.2.2)		ไม่เปิดวงจร

8.13 การทำงานของ RCBO ในกรณีที่กระแสเกินเฟสเดียวไหลผ่าน RCBO 3 ขั้ว หรือ 4 ขั้ว

RCBO 3 ขั้ว และ 4 ขั้ว ต้องไม่ทำงานด้วยกระแสเกินเฟสเดียวที่มีค่าเท่ากับขีดจำกัดล่างของพิสัยทริปกระแสเกินแบบทันทีทันใด ที่เป็นไปตามการใช้งานแบบ B แบบ C หรือแบบ D

การตรวจสอบให้ทำโดยการทดสอบตามข้อ 9.18

8.14 สมบัติของ RCBO ในกรณีที่กระแสเสิร์จเกิดจากแรงดันอิมพัลส์

RCBO ต้องทนต่อกระแสเสิร์จลงดินเนื่องจากค่าความจุไฟฟ้า (capacitance) ที่เกิดจากการติดตั้งและกระแสเสิร์จลงดินเนื่องจากวาบไฟตามผิวในการติดตั้ง

RCBO แบบ S ต้องมีความทนต่อการทริปที่ไม่พึงประสงค์ในกรณีที่มีกระแสเสิร์จลงดินเนื่องจากวาบไฟตามผิวในการติดตั้ง

การตรวจสอบให้ทำโดยการทดสอบตามข้อ 9.19

8.15 การทำงานของ RCBO ในกรณีที่กระแสไฟฟ้าผิดพร่องลงดินมีองค์ประกอบไฟฟ้ากระแสตรง

RCBO แต่ละประเภท ต้องทำงานได้ในขณะที่มีกระแสไฟฟ้าผิดพร่องลงดินมีองค์ประกอบไฟฟ้ากระแสตรง

การตรวจสอบให้ทำโดยการทดสอบตามข้อ 9.21

8.16 ความเชื่อถือได้

RCBO ต้องทำงานอย่างเชื่อถือได้ถึงแม้ว่าจะใช้งานติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน รวมทั้งการเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งานของส่วนประกอบ

การตรวจสอบให้ทำโดยการทดสอบตามข้อ 9.22 และข้อ 9.23

9. การทดสอบ

9.1 ทั่วไป

9.1.1 ลักษณะเฉพาะของ RCBO ตรวจสอบด้วยการทดสอบเฉพาะแบบ

การทดสอบเฉพาะแบบที่กำหนดตามมาตรฐานนี้ ให้เป็นไปตามตารางที่ 10

ตารางที่ 10 รายการการทดสอบเฉพาะแบบ
(ข้อ 9.1.1)

การทดสอบ	ข้อ
ความคงทนของเครื่องหมาย	9.3
ความเชื่อถือได้ของหมุดเกลียว ส่วนนำกระแสไฟฟ้า และการต่อ	9.4
ความเชื่อถือได้ของขั้วต่อสายสำหรับตัวนำภายนอก	9.5
การป้องกันช็อกไฟฟ้า	9.6
สมบัติไดอิเล็กทริก	9.7
อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น	9.8
ลักษณะเฉพาะการทำงาน	9.9
ความทนทานการใช้งานทางกลและทางไฟฟ้า	9.10

กลไกทริปอิสระ	9.11
การลัดวงจร [1)]	9.12
ความทนการช็อกและแรงกระแทกทางกล	9.13
ความทนความร้อน	9.14
ความทนความร้อนผิดปกติและไฟ	9.15

ตารางที่ 10 รายการการทดสอบเฉพาะแบบ (ต่อ)

การทดสอบ	ข้อ
การทำงานของอุปกรณ์ทดสอบที่ขีดจำกัดของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด	9.16
การทำงานของ RCBO ในกรณีของแรงดันไฟฟ้าล้มเหลว สำหรับ RCBO แต่ละประเภทตาม ข้อ 4.1.2.1	9.17
ค่าของขีดจำกัดของกระแสไฟฟ้าไม่ทำงานภายใต้ภาวะกระแสเกิน	9.18
ความทนต่อการทริปที่ไม่พึงประสงค์เนื่องจากกระแสเสิร์จ	9.19
ความทนของฉนวนต่อแรงดันอิมพัลส์	9.20
การทำงานของ RCBO ในกรณีที่กระแสไฟฟ้าผิดพร่องลงดินมีองค์ประกอบไฟฟ้ากระแสตรง	9.21
ความเชื่อถือได้	9.22
การเสื่อมสภาพของส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์	9.23
หมายเหตุ 1) ประกอบด้วยการทดสอบหลายรายการ	

9.1.2 การรับรองผลิตภัณฑ์ การทดสอบเฉพาะแบบให้ทดสอบตามลำดับ

หมายเหตุ คำว่า “การรับรอง” หมายถึง

- การประกาศรับรองการเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดของผู้ทำ หรือ
- การรับรองโดยหน่วยงานเป็นกลางอื่น เช่น โดยหน่วยงานรับรองอิสระ

ลำดับการทดสอบและจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ ให้เป็นไปตามภาคผนวก ก.

หากมิได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น ทดสอบเฉพาะแบบแต่ละรายการ (หรือลำดับของการทดสอบเฉพาะแบบ) ให้ทดสอบกับ RCBO ที่มีสภาพสะอาดและใหม่ ปริมาณที่มีอิทธิพลเป็นไปตามค่าอ้างอิงปกติ (ดูตารางที่ 4)

9.1.3 การทดสอบประจำโดยผู้ทำของแต่ละอุปกรณ์ ให้เป็นไปตามภาคผนวก ง.

9.2 ภาวะทดสอบ

ให้ติดตั้ง RCBO แต่ละเครื่องตามคำแนะนำของผู้ทำและในที่เปิดโล่ง ที่อุณหภูมิโดยรอบระหว่าง 20 องศาเซลเซียส ถึง 30 องศาเซลเซียส ยกเว้นจะกำหนดไว้เป็นอย่างอื่น และมีการป้องกันต่อความร้อนภายนอกหรือความเย็นภายนอกมากเกินไป

RCBO ที่ออกแบบให้ติดตั้งในเปลือกหุ้มเดี่ยว ให้ทดสอบในเปลือกหุ้มที่เล็กที่สุดที่ผู้ทำกำหนด

หมายเหตุ เปลือกหุ้มเดี่ยว หมายถึง เปลือกหุ้มที่ออกแบบให้ใช้กับหนึ่งเครื่องเท่านั้น

หากมิได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น ให้ต่อ RCBO เข้ากับสายไฟฟ้าที่มีพื้นที่หน้าตัด S ตามที่กำหนดในตารางที่ 11 โดยยึด RCBO เข้ากับแผ่นไม้อัดทาสีดำด้านที่มีความหนาประมาณ 20 มิลลิเมตร วิธีการยึดให้เป็นไปตามข้อกำหนดที่เกี่ยวกับรายละเอียดการติดตั้งที่ผู้ทำระบุ

ตารางที่ 11 ตัวนำทองแดงทดสอบที่สมนัยกับกระแสไฟฟ้าที่กำหนด
(ข้อ 9.2 และข้อ 9.10.1)

กระแสไฟฟ้าที่กำหนด I_n A	$I_n \le 6$	$6<I_n\le13$	$13<I_n\le20$	$20<I_n\le25$	$25<I_n\le32$	$32<I_n\le50$	$50<I_n\le63$	$63<I_n\le80$	$80<I_n\le100$	$100<I_n\le125$
S mm^2	1	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50

ในกรณีที่ไม่มีการกำหนดเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนไว้ การทดสอบเฉพาะแบบให้ทดสอบที่ค่าไม่น้อยกว่าที่กำหนดในมาตรฐานนี้ หากมิได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น ให้ทดสอบที่ความถี่ที่กำหนด ± ร้อยละ 5

ในระหว่างการทดสอบ ไม่ยอมให้มีการซ่อมบำรุงตัวอย่างหรือการถอดตัวอย่าง

สำหรับการทดสอบตามข้อ 9.8 ข้อ 9.9 ข้อ 9.10 และข้อ 9.23 ให้ต่อ RCBO ดังต่อไปนี้

- ต่อด้วยสายไฟฟ้าทองแดงฉนวนพีวีซี แกนเดี่ยว
- ต่อในที่ที่เปิดโล่ง และระยะห่างไม่น้อยกว่าระยะห่างระหว่างขั้วต่อสาย
- ความยาวที่มีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน $^{+5}_{0}$ เซนติเมตร ของแต่ละการต่อชั่วคราว จากขั้วต่อสายไปยังขั้วต่อสาย คือ
  - 1 เมตร สำหรับพื้นที่หน้าตัดไม่เกิน 10 ตารางมิลลิเมตร
  - 2 เมตร สำหรับพื้นที่หน้าตัดเกิน 10 ตารางมิลลิเมตร

แรงบิดที่ใช้ขันหมุดเกลียวขั้วต่อสายเท่ากับ 2 ใน 3 ของค่าที่กำหนดในตารางที่ 12

9.3 การทดสอบความคงทนของเครื่องหมาย

การตรวจสอบให้ทำโดยการใช้ผ้าฝ้ายที่ชุ่มน้ำถูเครื่องหมายเป็นเวลา 15 วินาที และถูซ้ำอีก 15 วินาทีด้วยผ้าฝ้ายที่ชุ่มตัวทำละลายอะลิฟาติกเฮกเซน ที่มีปริมาณของแอโรแมติกไม่เกินร้อยละ 0.1 โดยปริมาตร ค่าเคอริบิวทานอล เท่ากับ 29 จุดเดือดเริ่มต้นประมาณ 65 องศาเซลเซียส จุดแห้งประมาณ 69 องศาเซลเซียส และความหนาแน่นเท่ากับ 0.68 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

เครื่องหมายที่ทำเป็นรอยฝัง แบบขึ้นรูป หรือแบบแม่พิมพ์ ไม่ต้องทดสอบตามข้อกำหนดนี้

ภายหลังการทดสอบ เครื่องหมายต้องอ่านได้ง่าย และเครื่องหมายต้องยังคงอ่านได้ง่ายภายหลังการทดสอบทุกข้อตามมาตรฐานนี้

ต้องไม่สามารถถอดแผ่นป้ายได้ง่าย และแผ่นป้ายต้องไม่เกิดการโค้งงอ

9.4 การทดสอบความเชื่อถือได้ของหมุดเกลียว ส่วนนำกระแสไฟฟ้า และการต่อ

การตรวจสอบการเป็นไปตามข้อกำหนดในข้อ 8.1.4 ให้ทำโดยการตรวจพินิจ และสำหรับหมุดเกลียวและแป้นเกลียวที่ต้องใช้งาน (ขันเข้าและคลายออก) เมื่อติดตั้งและต่อสายไฟฟ้าของ RCBO ให้ทดสอบดังต่อไปนี้

ขันหมุดเกลียวหรือแป้นเกลียวให้แน่นและคลายออก

- 10 ครั้ง สำหรับหมุดเกลียวที่ต้องขันเข้ากับเกลียวที่เป็นวัสดุฉนวน
- 5 ครั้ง ในกรณีอื่นๆ ทั้งหมด

หมุดเกลียวหรือแป้นเกลียวที่ต้องขันเข้ากับเกลียวที่เป็นวัสดุฉนวน แต่ละครั้งต้องคลายออกจนหลุดและขันเข้าไปใหม่

การทดสอบให้ใช้ไขควงทดสอบหรือประแจทดสอบที่เหมาะสม โดยใช้แรงบิดตามที่กำหนดในตารางที่ 12 ต้องขันหมุดเกลียวและแป้นเกลียวให้แน่นโดยไม่กระตุก

การทดสอบนี้ให้ต่อกับตัวนำแข็งเท่านั้นที่มีพื้นที่หน้าตัดใหญ่ที่สุดตามที่กำหนดในตารางที่ 6 อาจเป็นตัวนำตันหรือตัวนำตีเกลียว แล้วแต่อย่างไหนจะให้ผลเลวกว่ากัน ให้ขยับตัวนำทุกครั้งที่คลายหมุดเกลียวหรือแป้นเกลียว

ตารางที่ 12 เส้นผ่านศูนย์กลางของเกลียวและแรงบิดทดสอบ
(ข้อ 9.2 ข้อ 9.4 ข้อ 9.5 ข้อ 9.5.1 ข้อ 9.5.2 ข้อ 9.5.3 ข้อ 9.13.2.1 และข้อ 9.22.2)

เส้นผ่านศูนย์กลางระบุของเกลียว mm	แรงบิด Nm		
	1	2	3
≤ 2.8	0.2	0.4	0.4
> 2.8 และ ≤ 3.0	0.25	0.5	0.5
> 3.0 และ ≤ 3.2	0.3	0.6	0.6
> 3.2 และ ≤ 3.6	0.4	0.8	0.8
> 3.6 และ ≤ 4.1	0.7	1.2	1.2
> 4.1 และ ≤ 4.7	0.8	1.8	1.8
> 4.7 และ ≤ 5.3	0.8	2.0	2.0
> 5.3 และ ≤ 6.0	1.2	2.5	3.0
> 6.0 และ ≤ 8.0	2.5	3.5	6.0
> 8.0 และ ≤ 10.0	-	4.0	10.0

สดมภ์ 1 ใช้กับหมุดเกลียวที่ไม่มีหัว ถ้าขันหมุดเกลียวแน่นแล้วไม่มีส่วนที่ยื่นพ้นจากรูเกลียว และให้ใช้กับหมุดเกลียวอื่นที่ไม่สามารถขันด้วยไขควงที่มีขนาดใบกว้างกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของเกลียว

สดมภ์ 2 ใช้กับหมุดเกลียวอื่น ๆ ที่ขันด้วยไขควง

สดมภ์ 3 ใช้กับหมุดเกลียวและแป้นเกลียวที่ขันด้วยประแจอื่น ๆ นอกจากไขควง

ในกรณีที่เป็นหมุดเกลียวหัวหกเหลี่ยมที่มีร่องผ่าสำหรับขันด้วยไขควงได้ด้วย และแรงบิดในสดมภ์ 2 และสดมภ์ 3 มีค่าต่างกัน ให้ทดสอบ 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ขันหัวหกเหลี่ยมด้วยแรงบิดตามที่กำหนดในสดมภ์ 3 และครั้งที่ 2 ใช้ไขควงขันตัวอย่างใหม่ด้วยแรงบิดตามที่กำหนดในสดมภ์ 2 ถ้าแรงบิดในสดมภ์ 2 และสดมภ์ 3 มีค่าเท่ากัน ให้ทดสอบด้วยไขควงเท่านั้น

ในระหว่างการทดสอบ การต่อด้วยการขันเกลียวต้องไม่หลุดหลวม และต้องไม่มีความเสียหาย เช่น หมุดเกลียวแตกหัก ร่องผ่า เกลียว แหวนรองหรือแผ่นยึด (stirrup) ชำรุดจนมีผลเสียหายต่อการใช้งาน RCBO ต่อไป

นอกจากนี้ เปลือกหุ้มและฝาครอบ ต้องไม่เสียหาย

9.5 การทดสอบความเชื่อถือได้ของขั้วต่อสายสำหรับตัวนำภายนอก

การตรวจสอบการเป็นไปตามข้อกำหนดในข้อ 8.1.5 ให้ทำโดยการตรวจพินิจ และทดสอบตามข้อ 9.4 โดยใช้ตัวนำทองแดงแข็งที่มีพื้นที่หน้าตัดใหญ่ที่สุดตามที่กำหนดในตารางที่ 6 ใส่เข้าไปในขั้วต่อสาย (สำหรับพื้นที่หน้าตัดระบุเกิน 6 ตารางมิลลิเมตร ให้ใช้ตัวนำตีเกลียวแข็ง สำหรับพื้นที่หน้าตัดระบุอื่นๆ ให้ใช้ตัวนำตัน) และทดสอบตามข้อ 9.5.1 ข้อ 9.5.2 และข้อ 9.5.3

การทดสอบตามข้อ 9.5.1 ข้อ 9.5.2 และข้อ 9.5.3 ให้ใช้ไขควงทดสอบหรือประแจทดสอบที่เหมาะสม และขันด้วยแรงบิดตามที่กำหนดในตารางที่ 12

9.5.1 ต่อขั้วต่อสายเข้ากับตัวนำทองแดงที่มีพื้นที่หน้าตัดเล็กที่สุดและใหญ่ที่สุด ตามที่กำหนดในตารางที่ 6 อาจเป็นตัวนำตันหรือตัวนำตีเกลียว แล้วแต่อย่างใดจะให้ผลเลวกว่ากัน

ให้ใส่ตัวนำเข้าไปในขั้วต่อสายเป็นระยะทางต่ำสุดตามที่กำหนด หรือในกรณีที่ไม่กำหนดไว้ให้ใส่จนตัวนำเริ่มโผล่ออกจากขั้วต่อสายอีกด้านและอยู่ในตำแหน่งที่มีโอกาสสูงสุดที่จะยอมให้ตัวนำตันหรือตัวนำตีเกลียวหลุดออกจากขั้วต่อสาย

ขันหมุดเกลียวยึดให้แน่นด้วยแรงบิดเท่ากับ 2 ใน 3 ที่กำหนดในสดมภ์ที่สอดคล้องของตารางที่ 12

ดึงตัวนำแต่ละเส้นด้วยแรงตามที่กำหนดในตารางที่ 13

ให้ดึงโดยไม่มีการกระตุก เป็นเวลา 1 นาที ในทิศทางตามแนวแกนของช่องที่ใส่ตัวนำ

ตารางที่ 13 แรงดึง

(ข้อ 9.5.1)

พื้นที่หน้าตัดของตัวนำที่ต่อกับขั้วสาย mm^2	≤ 4	≤ 6	≤ 10	≤ 16	≤ 50
แรงดึง N	50	60	80	90	100

ในระหว่างการทดสอบ ตัวนำในขั้วต่อสายต้องไม่เคลื่อนที่จนสังเกตได้

9.5.2 ต่อขั้วสายเข้ากับตัวนำทองแดงที่มีพื้นที่หน้าตัดเล็กที่สุดและใหญ่ที่สุด ตามที่กำหนดในตารางที่ 6 อาจเป็นตัวนำตันหรือตัวนำตีเกลียว แล้วแต่อย่างใดจะให้ผลเลวกว่ากัน และขันหมุดเกลียวของขั้วต่อสายให้แน่นด้วยแรงบิดเท่ากับ 2 ใน 3 ที่กำหนดในสดมภ์ที่สอดคล้องของตารางที่ 12

คลายหมุดเกลียวของขั้วต่อสายออก และตรวจพินิจชิ้นส่วนของตัวนำที่อาจได้รับผลกระทบจากขั้วต่อสาย

ตัวนำต้องไม่เสียหายรุนแรง

หมายเหตุ ถ้าตัวนำมีรอยบากลึกหรือคม ให้ถือว่าเสียหายรุนแรง

ในระหว่างการทดสอบ ขั้วต่อสายต้องไม่หลุดหลวม และต้องไม่มีความเสียหาย เช่น หมุดเกลียวแตกหัก ร่องผ่า เกลียว แหวนรองหรือโกลน ชำรุดจนมีผลเสียหายต่อการใช้งานขั้วต่อสายต่อไป

9.5.3 ต่อขั้วต่อสายเข้ากับตัวนำตีเกลียวแข็ง ที่มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 มิติของตัวนำ
(ข้อ 9.5.3)

พิสัยของพื้นที่หน้าตัดระบุที่จะยึด mm^2	ตัวนำตีเกลียว	
	จำนวนของเส้นลวด	เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นลวด mm
1.0 ถึง 2.5 [1)]	7	0.67
1.0 ถึง 4.0 [1)]	7	0.85
1.5 ถึง 6.0 [1)]	7	1.04
2.5 ถึง 10.0	7	1.35
4.0 ถึง 16.0	7	1.70
10.0 ถึง 25.0	7	2.14
16.0 ถึง 35.0	19	1.53
25.0 ถึง 50.0	19	1.78

หมายเหตุ [1)] ถ้ามีจุดประสงค์ให้ต่อขั้วสายเข้ากับตัวนำตันเท่านั้น (ดูหมายเหตุในตารางที่ 6) ไม่ต้องทดสอบตามข้อนี้

ก่อนใส่ตัวนำเข้าไปในขั้วต่อสาย ให้ตกแต่งรูปร่างของตัวนำตีเกลียวให้เหมาะสม

ใส่ตัวนำเข้าไปในขั้วต่อสายจนตัวนำถึงด้านในสุดของขั้วต่อสายหรือตัวนำเริ่มโผล่ออกจากขั้วต่อสายอีกด้าน และอยู่ในตำแหน่งที่มีโอกาสสูงสุดที่จะยอมให้ตัวนำตีเกลียวหลุดออก ขันหมุดเกลียวหรือแป้นเกลียวยึดให้แน่นด้วยแรงบิดเท่ากับ 2 ใน 3 ที่กำหนดในสดมภ์ที่สอดคล้องของตารางที่ 12

ภายหลังการทดสอบ ต้องไม่มีเส้นลวดของตัวนำหลุดออกนอกอุปกรณ์ที่ทำให้สายคงอยู่ในตำแหน่ง (retaining device) ของขั้วต่อสาย

9.6 การทวนสอบการป้องกันช็อกไฟฟ้า

ข้อกำหนดนี้ใช้กับทุกชิ้นส่วนของ RCBO ซึ่งเผยตัวต่อผู้ใช้งาน เมื่อติดตั้งเหมือนการใช้งานตามปกติ

ให้ทดสอบด้วยนิ้วทดสอบมาตรฐานดังแสดงในรูปที่ 3 ขณะที่ RCBO ติดตั้งเหมือนการใช้งานตามปกติ (ดูหมายเหตุข้อ 8.2) และต่อเข้ากับตัวนำที่มีพื้นที่หน้าตัดเล็กที่สุดและใหญ่ที่สุดซึ่งสามารถใช้ต่อกับ RCBO

ต้องออกแบบให้จุดต่อของนิ้วทดสอบมาตรฐานแต่ละจุดสามารถปรับหมุนได้เป็นมุม 90 องศากับแกนของนิ้วทดสอบในทิศทางเดียวกันเท่านั้น

ให้ตรวจสอบด้วยนิ้วทดสอบมาตรฐานในทุกตำแหน่งที่นิ้วมือมนุษย์สามารถงอเข้าไปได้ ให้ใช้ตัวชี้บอกทางไฟฟ้า แสดงการสัมผัสกับส่วนที่มีไฟฟ้า

แนะนำให้ใช้หลอดไฟฟ้าสำหรับการชี้บอกการสัมผัส และแรงดันไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้านั้นต้องไม่น้อยกว่า 40 โวลต์ นิ้วทดสอบมาตรฐานต้องไม่สัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้า

RCBO ที่มีเปลือกหุ้มหรือฝาครอบทำด้วยวัสดุเทอร์มอพลาสติก ให้ทดสอบเพิ่มเติมตามข้างล่าง โดยทดสอบ RCBO ที่อุณหภูมิโดยรอบ (35 ± 2) องศาเซลเซียส

ใช้แรง 75 นิวตัน กดผ่านปลายนิ้วทดสอบตรงไม่มีจุดต่อที่มีมิติเหมือนกับนิ้วทดสอบมาตรฐาน ไปยัง RCBO เป็นเวลา 1 นาที โดยให้กดนิ้วทดสอบนี้ไปทุกตำแหน่งซึ่งวัสดุฉนวนสามารถได้รับความเสียหายต่อความปลอดภัยของ RCBO แต่ไม่ต้องทดสอบกับรูกระทุ้งออก (knock-out)

ในระหว่างการทดสอบ เปลือกหุ้มหรือฝาครอบต้องไม่ผิดรูปจนมีผลทำให้นิ้วทดสอบตรงไม่มีจุดต่อสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้าได้

RCBO ที่ไม่มีเปลือกหุ้มมีชิ้นส่วนที่ไม่ต้องการให้ห่อหุ้ม ให้ทดสอบโดยมีแผงด้านหน้าเป็นโลหะ และติดตั้งเหมือนการใช้งานตามปกติ

9.7 การทดสอบสมบัติไดอิเล็กทริก

9.7.1 ความทนความชื้น

9.7.1.1 การเตรียม RCBO สำหรับการทดสอบ

ให้ถอดชิ้นส่วนของ RCBO ที่สามารถถอดออกได้โดยไม่ใช้เครื่องมือ และให้ทดสอบความชื้นพร้อมกับชิ้นส่วนหลัก ให้เปิดฝาครอบแบบสปริงระหว่างการทดสอบ

ให้เปิดทางเข้าสายไฟฟ้า (ถ้ามี) ถ้าเป็นแบบกระทุ้งออก ให้กระทุ้งออกเปิดไว้ 1 รู

9.7.1.2 ภาวะการทดสอบ

ให้ทำในตู้อบความชื้นที่ควบคุมให้อากาศภายในมีความชื้นสัมพัทธ์คงไว้ระหว่างร้อยละ 91 กับร้อยละ 95

อุณหภูมิของอากาศบริเวณที่วางตัวอย่างทดสอบต้องคงไว้ภายใน ± 1 องศาเซลเซียส ของค่าอุณหภูมิ (t) 20 องศาเซลเซียส ถึง 30 องศาเซลเซียส

ก่อนนำตัวอย่างไปอบความชื้น ต้องนำตัวอย่างไปวางไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิ t ถึง $t+4$ องศาเซลเซียส

9.7.1.3 วิธีทดสอบ

อบตัวอย่างในตู้อบความชื้นเป็นเวลา 48 ชั่วโมง

หมายเหตุ 1. ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศระหว่างร้อยละ 91 กับร้อยละ 95 อาจทำได้โดยการวางสารละลายอิ่มตัวของโซเดียมซัลเฟตหรือโพแทสเซียมไนเตรตภายในตู้อบความชื้น โดยให้มีผิวสัมผัสกับอากาศมากเพียงพอ

หมายเหตุ 2. เพื่อให้ตู้อบความชื้นมีภาวะเป็นไปตามที่กำหนด ต้องมั่นใจว่าอากาศภายในหมุนเวียนอย่างสม่ำเสมอ และต้องบุตู้อบความชื้นด้วยฉนวนกันความร้อน

9.7.1.4 ภาวะของ RCBO ภายหลังการทดสอบ

ภายหลังการทดสอบ ตัวอย่างต้องไม่เสียหายตามความหมายของมาตรฐานนี้ และต้องทนการทดสอบตามข้อ 9.7.2 และ ข้อ 9.7.3

9.7.2 ความต้านทานของฉนวนของวงจรประธาน

ภายหลังการทดสอบตามข้อ 9.7.1 แล้ว ให้นำ RCBO ออกจากตู้อบความชื้น

หลังจากนั้นในช่วงเวลาระหว่าง 30 นาที กับ 60 นาที ให้วัดความต้านทานของฉนวน โดยใช้เครื่องวัดความต้านทานของฉนวนที่มีแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 500 โวลต์ อ่านค่าความต้านทานของฉนวนหลังจากป้อนแรงดันไฟฟ้าเป็นเวลา 5 วินาที ให้วัดที่ส่วนต่าง ๆ ตามลำดับดังนี้

ก) ขณะที่ RCBO อยู่ในตำแหน่งเปิด ให้วัดระหว่างแต่ละคู่ของขั้วต่อสายที่ต่อเข้าด้วยกันทางไฟฟ้า เมื่อ RCBO อยู่ในตำแหน่งปิด ให้วัดทีละขั้วหมุนเวียนไปจนครบทุกขั้ว

ข) ขณะที่ RCBO อยู่ในตำแหน่งปิด ให้วัดระหว่างขั้วต่อสายขั้วใดขั้วหนึ่งกับขั้วอื่น ๆ ที่ต่อเข้าด้วยกัน หมุนเวียนกันไป ในการทดสอบนี้ให้ถอดส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์ที่ต่อระหว่างทางเดินไฟฟ้า

ค) ขณะที่ RCBO อยู่ในตำแหน่งปิด ให้วัดระหว่างขั้วต่อสายทุกขั้วที่ต่อเข้าด้วยกันกับโครง รวมทั้งแผ่นโลหะบางที่ติดไว้กับพื้นผิวด้านนอกของเปลือกหุ้มด้านในที่ทำด้วยวัสดุฉนวน (ถ้ามี)

ง) ให้วัดระหว่างชิ้นส่วนโลหะของกลไกกับโครง

หมายเหตุ การเข้าถึงชิ้นส่วนโลหะของกลไก อาจต้องจัดเตรียมพิเศษสำหรับการวัดตามข้อนี้

จ) สำหรับ RCBO ที่มีเปลือกหุ้มโลหะที่ภายในบุด้วยวัสดุฉนวน ให้วัดระหว่างโครงกับแผ่นโลหะบางที่ติดไว้กับพื้นผิวด้านในของวัสดุฉนวนที่บุไว้รวมทั้งบุชชิง และอุปกรณ์อื่นที่คล้ายกัน

การวัดตามข้อ ก) ข้อ ข) และข้อ ค) ให้วัดหลังจากต่อวงจรช่วยทั้งหมดเข้ากับโครง

คำว่า “โครง” หมายถึง

- ชิ้นส่วนโลหะที่เข้าถึงได้ทั้งหมด และแผ่นโลหะบางที่ติดไว้กับพื้นผิวด้านนอกของวัสดุฉนวนซึ่งสามารถเข้าถึงได้หลังจากติดตั้งเหมือนการใช้งานตามปกติ
- พื้นผิวของฐานติดตั้ง RCBO ถ้าจำเป็นให้ติดแผ่นโลหะบางเข้ากับพื้นผิวของฐานติดตั้ง RCBO
- หมุดเกลียวและอุปกรณ์อื่นสำหรับยึดฐานติดตั้งเข้ากับแท่นรองรับ
- หมุดเกลียวสำหรับยึดฝาครอบซึ่งต้องถอดออกเมื่อติดตั้ง RCBO
- ชิ้นส่วนโลหะของอุปกรณ์บังคับกลไก ตามข้อ 8.2

ถ้า RCBO มีขั้วต่อตัวนำป้องกัน ให้ต่อขั้วนี้เข้ากับโครงด้วย

การวัดตามข้อ ข) ข้อ ค) ข้อ ง) และข้อ จ) ต้องติดสารปิดผนึก (ถ้ามี) กับแผ่นโลหะบางให้ดีก่อนการทดสอบ

ความต้านทานของฉนวน ต้องไม่น้อยกว่า

- 2 เมกะโอห์ม สำหรับการวัดตามข้อ ก) และข้อ ข)
- 5 เมกะโอห์ม สำหรับการวัดตามข้ออื่น ๆ

9.7.3 ความคงทนไดอิเล็กทริกของวงจรประธาน

ภายหลัง RCBO ผ่านการทดสอบตามข้อ 9.7.2 แล้ว ให้ป้อนแรงดันไฟฟ้าทดสอบตามที่กำหนด เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างชิ้นส่วนที่กำหนดตามข้อ 9.7.2 ให้ถอดส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์ (ถ้ามี) ออกก่อนการทดสอบ

แรงดันไฟฟ้าทดสอบต้องมีรูปคลื่นใกล้ไซน์ และมีความถี่ระหว่าง 45 เฮิรตซ์ กับ 65 เฮิรตซ์

แหล่งจ่ายของแรงดันไฟฟ้าทดสอบ ต้องสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าลัดวงจรได้ไม่น้อยกว่า 0.2 แอมแปร์

อุปกรณ์ทริปกระแสเกินของหม้อแปลงไฟฟ้า ต้องไม่ทำงานเมื่อกระแสไฟฟ้าของวงจรด้านออกมีค่าน้อยกว่า 100 มิลลิแอมแปร์

ค่าของแรงดันไฟฟ้าทดสอบ ให้เป็นไปตามที่กำหนด ดังนี้

- 2 000 โวลต์ สำหรับข้อ 9.7.2 ก) ถึง ง)
- 2 500 โวลต์ สำหรับข้อ 9.7.2 จ)

การป้อนแรงดันไฟฟ้าทดสอบ ให้เริ่มต้นด้วยค่าที่ไม่เกินครึ่งหนึ่งของแรงดันไฟฟ้าทดสอบที่กำหนด แล้วเพิ่มขึ้นจนถึงค่าที่กำหนดภายใน 5 วินาที

ในระหว่างการทดสอบ ต้องไม่เกิดการวาบไฟตามผิวหรือเสียสภาพฉับพลัน

ไม่ต้องคำนึงถึงการปล่อยประจุรุ่งแสง (glow discharge) ที่ไม่ทำให้แรงดันไฟฟ้าตก

9.7.4 ความต้านทานของฉนวน และความคงทนไดอิเล็กทริกของวงจรช่วย

ก) การวัดความต้านทานของฉนวนและการทดสอบความคงทนไดอิเล็กทริกของวงจรช่วยให้ทำทันทีหลังจากการวัดความต้านทานของฉนวนและการทดสอบความคงทนไดอิเล็กทริกของวงจรประธานภายใต้ภาวะที่กำหนดในข้อ ข) และ ข้อ ค)

เมื่อมีส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์ต่อเข้ากับวงจรประธานในการใช้งานตามปกติ ให้มีการต่อแบบชั่วคราวสำหรับระหว่างการทดสอบ โดยต้องไม่มีแรงดันไฟฟ้าระหว่างด้านเข้ากับด้านออกของส่วนประกอบ

ข) การวัดความต้านทานของฉนวน ให้วัดดังนี้

- ระหว่างวงจรช่วยที่ต่อเข้าด้วยกันกับโครง
- ระหว่างชิ้นส่วนของวงจรช่วยแต่ละชิ้นซึ่งอาจจะแยกออกจากชิ้นส่วนอื่นในการใช้งานตามปกติกับชิ้นส่วนอื่นทั้งหมดที่ต่อเข้าด้วยกัน โดยป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงประมาณ 500 โวลต์ เป็นเวลา 1 นาที

ความต้านทานของฉนวน ต้องไม่น้อยกว่า 2 เมกะโอห์ม

ค) ป้อนแรงดันไฟฟ้าทดสอบที่มีรูปคลื่นใกล้ไซน์ที่ความถี่ที่กำหนด เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างชิ้นส่วนตามที่กำหนดในข้อ 2)

ค่าแรงดันไฟฟ้าทดสอบ ให้เป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 แรงดันไฟฟ้าทดสอบของวงจรช่วย
(ข้อ 9.7.4)

แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดของวงจรช่วย (a.c. หรือ d.c.) V	แรงดันไฟฟ้าทดสอบ V
≤ 30	600
> 30 และ ≤ 50	1 000
> 50 และ ≤ 110	1 500
> 110 และ ≤ 250	2 000
> 250 และ ≤ 500	2 500

การป้อนแรงดันไฟฟ้าทดสอบ ให้เริ่มต้นด้วยค่าที่ไม่เกินครึ่งหนึ่งของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด แล้วเพิ่มขึ้นจนถึงค่าที่กำหนด ภายในเวลาไม่น้อยกว่า 5 วินาที แต่ไม่มากกว่า 20 วินาที

ในระหว่างการทดสอบ ต้องไม่เกิดการวาบไฟตามผิว หรือมีรูทะลุ

หมายเหตุ 1. ไม่ต้องคำนึงถึงการปล่อยประจุซึ่งไม่ทำให้แรงดันไฟฟ้าตก

หมายเหตุ 2. ในกรณีของ RCBO ซึ่งมีวงจรช่วยที่ไม่สามารถเข้าถึงได้สำหรับการทวนสอบข้อกำหนดตามข้อ ข) ให้ทดสอบกับตัวอย่างที่จัดเตรียมพิเศษโดยผู้ทำหรือเป็นไปตามคำแนะนำของผู้ทำ

หมายเหตุ 3. วงจรช่วยไม่รวมถึงวงจรควบคุมของ RCBO ที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้า

หมายเหตุ 4. วงจรควบคุมนอกเหนือจากที่กำหนดในข้อ 9.7.5 และข้อ 9.7.6 ให้ทดสอบเช่นเดียวกับวงจรช่วย

9.7.5 วงจรทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าตรวจจับ

วงจรทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าตรวจจับไม่ต้องทดสอบการฉนวน ถ้าวงจรไม่ได้ต่อเข้ากับชิ้นส่วนโลหะที่เข้าถึงได้ ตัวนำป้องกัน หรือส่วนที่มีไฟฟ้า

9.7.6 ขีดความสามารถของวงจรควบคุมที่ต่อเข้ากับวงจรประธานเกี่ยวกับความทนแรงดันไฟฟ้าสูง (กระแสตรง) เนื่องมาจากการวัดความต้านทานของฉนวน

การตรวจสอบให้ทำโดยการยึด RCBO กับแท่นรองรับโลหะ ในตำแหน่งปิด วงจรควบคุมทั้งหมดต่อสายเหมือนการใช้งาน

ให้ใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่มีลักษณะเฉพาะดังต่อไปนี้

- แรงดันไฟฟ้าเปิด : 600 โวลต์ $^{+25}_{0}$ โวลต์

  หมายเหตุ ค่านี้เป็นค่าที่เผื่อไว้

- ความพลิ้วสูงสุด (maximum ripple) : ร้อยละ 5

  เมื่อ $\text{ความพลิ้ว (ร้อยละ)} = \dfrac{\text{แรงดันไฟฟ้าสูงสุด} - \text{ค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย}}{\text{ค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย}} \times 100$

- กระแสไฟฟ้าลัดวงจร : 12 มิลลิแอมแปร์ $^{+2}_{0}$ มิลลิแอมแปร์

ป้อนแรงดันไฟฟ้าทดสอบเป็นเวลา 1 นาที ระหว่างขั้วใดขั้วหนึ่งกับขั้วอื่นที่ต่อเข้าด้วยกันซึ่งต่อเข้ากับโครงหมุนเวียนไปจนครบทุกขั้ว

ภายหลังการทดสอบนี้แล้ว RCBO ต้องสามารถผ่านการทดสอบที่กำหนดในข้อ 9.9.1.2 ค)

9.8 การทดสอบอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น

9.8.1 อุณหภูมิของอากาศโดยรอบ

ให้วัดอุณหภูมิของอากาศโดยรอบในคาบเวลา 1 ใน 4 สุดท้าย (last quarter) ของช่วงเวลาทดสอบ โดยใช้เทอร์มอมิเตอร์หรือเทอร์มอคัปเปิลไม่น้อยกว่า 2 ตัว วัดในตำแหน่งที่สมมาตรกันรอบ RCBO ที่ความสูงประมาณครึ่งหนึ่งของความสูง RCBO และห่างจาก RCBO ประมาณ 1 เมตร

ต้องป้องกันเทอร์มอมิเตอร์หรือเทอร์มอคัปเปิลจากลมโกรก และความร้อน

หมายเหตุ ควรระมัดระวังเพื่อหลีกเลี่ยงความผิดพลาดอันเนื่องมาจากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงฉับพลัน

9.8.2 วิธีทดสอบ

ป้อนกระแสไฟฟ้าเท่ากับ I_n ไหลผ่านทุกขั้วของ RCBO พร้อมกัน ในช่วงเวลาที่เพียงพอให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนถึงค่าคงตัว ในทางปฏิบัติถือว่าถึงภาวะคงตัวเมื่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นไม่เกิน 1 เคลวินต่อชั่วโมง

สำหรับ RCBO แบบ 4 ขั้ว ให้ทดสอบครั้งแรกโดยให้กระแสไฟฟ้าที่กำหนดไหลผ่านขั้วของ 3 เฟสเท่านั้น

แล้วทดสอบซ้ำโดยให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขั้วที่ใช้ต่อเข้ากับสายกลาง และขั้วที่อยู่ติดกับขั้วสายกลาง ในระหว่างการทดสอบอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นต้องไม่เกินค่าที่กำหนดในตารางที่ 7

9.8.3 การวัดอุณหภูมิของชิ้นส่วน

ให้วัดอุณหภูมิของชิ้นส่วนต่างๆ ตามที่กำหนดในตารางที่ 7 โดยใช้เทอร์มอคัปเปิลชนิดลวดละเอียด หรือวิธีการอื่นที่เทียบเท่า ณ ตำแหน่งที่เข้าถึงได้ใกล้จุดร้อนที่สุด

ต้องมั่นใจว่ามีการนำความร้อนที่ดีระหว่างเทอร์มอคัปเปิลกับพื้นผิวของชิ้นส่วนที่ทดสอบ

9.8.4 อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของชิ้นส่วน

อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของชิ้นส่วน คือ ผลต่างระหว่างอุณหภูมิของชิ้นส่วนที่วัดได้ตามข้อ 9.8.3 กับอุณหภูมิของอากาศโดยรอบที่วัดได้ตามข้อ 9.8.1

9.9 การทวนสอบลักษณะเฉพาะการทำงาน

9.9.1 การทวนสอบลักษณะเฉพาะการทำงานภายใต้ภาวะกระแสเหลือ

9.9.1.1 วงจรทดสอบ

ให้ติดตั้ง RCBO เหมือนการใช้งานตามปกติ

วงจรทดสอบ ต้องมีความเหนี่ยวนำต่ำและเป็นไปตามรูปที่ 4ก

เครื่องวัดสำหรับใช้วัดกระแสเหลือ ต้องมีชั้นความถูกต้องไม่น้อยกว่าประเภท 0.5 และต้องแสดง (หรือสามารถนำไปหาค่าได้) เป็นค่ารากกำลังสองเฉลี่ยแท้จริง

เครื่องวัดสำหรับใช้วัดเวลาต้องมีความผิดพลาดสัมพัทธ์ไม่เกินร้อยละ 10 ของค่าที่วัดได้

9.9.1.2 การทดสอบขณะไม่มีโหลด มีกระแสเหลือเป็นกระแสสลับรูปคลื่นไซน์ที่อุณหภูมิอ้างอิง (20 ± 2) องศาเซลเซียส

RCBO ต้องทดสอบตามข้อ 9.9.1.2 ก) ข้อ 9.9.1.2 ข) และข้อ 9.9.1.2 ค) (โดยให้ทดสอบข้อละ 5 ครั้ง) และข้อ 9.9.1.2 ง) ตามลำดับ โดยสุ่มทดสอบเพียง 1 ขั้วเท่านั้น

สำหรับ RCBO ที่มีการตั้งกระแสเหลือที่ทำงานได้หลายค่า ให้ทดสอบแต่ละค่าจนครบทุกค่า

ก) การทวนสอบความถูกต้องของการทำงานในกรณีที่กระแสเหลือเพิ่มขึ้นอย่างคงที่

สวิตช์ทดสอบ S_1 และ S_2 และ RCBO อยู่ในตำแหน่งปิด ปรับกระแสเหลือให้เพิ่มขึ้นอย่างคงที่ โดยให้มีค่าเริ่มต้นไม่เกิน 0.2 $I_{\Delta n}$ แล้วปรับให้ถึงค่า $I_{\Delta n}$ ภายในเวลา 30 วินาที แต่ละครั้งให้วัดกระแสไฟฟ้าทริป

ค่าที่ได้จากการวัดทั้ง 5 ครั้ง ต้องมีค่าอยู่ระหว่าง $I_{\Delta no}$ กับ $I_{\Delta n}$

ข) การทวนสอบความถูกต้องของการทำงานขณะปิดวงจรในภาวะที่มีกระแสเหลือ

ให้สอบเทียบวงจรทดสอบที่กระแสเหลือที่ทำงานที่กำหนด $I_{\Delta n}$ และสวิตช์ทดสอบ S_1 และ S_2 อยู่ในตำแหน่งปิด ทำให้ RCBO ต่อวงจรเพื่อจำลองภาวะการใช้งานให้ใกล้เคียงเท่าที่เป็นไปได้ วัดเวลาตัดวงจรจำนวน 5 ครั้ง ค่าที่วัดได้ต้องไม่เกินค่าขีดจำกัดสำหรับ $I_{\Delta n}$ ที่กำหนดในตารางที่ 2 ที่เป็นไปตามแบบของ RCBO

ในกรณีของ RCBO ที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้าและแบ่งประเภทตามข้อ 4.1.2.2 ก) วงจรควบคุมซึ่งป้อนแรงดันไฟฟ้าจากด้านเข้าของวงจรประธาน ในกรณีนี้การทวนสอบไม่ต้องพิจารณา

เวลาที่จำเป็นสำหรับการป้อนทางไฟฟ้าให้ RCBO ดังนั้น การทวนสอบให้พิจารณาขณะที่ทำงานโดย โดยการปิดวงจรด้วยสวิตช์ทดสอบ S_2 และ RCBO ไว้ก่อนเพื่อจำลองกระแสเหลือ แล้วปิดวงจรด้วยสวิตช์ทดสอบ S_1 เพื่อทดสอบการทำงานของ RCBO

ค) การทวนสอบความถูกต้องของการทำงานในกรณีที่เกิดกระแสเหลือทันที

1) RCBO ทุกแบบ

ให้สอบเทียบวงจรทดสอบที่แต่ละค่าของกระแสเหลือตามที่กำหนดในตารางที่ 2 สวิตช์ทดสอบ S_1 และ RCBO อยู่ในตำแหน่งปิด ให้ป้อนกระแสเหลือที่เกิดขึ้นทันทีโดยการปิดวงจรด้วยสวิตช์ทดสอบ S_2

RCBO ต้องทริปในระหว่างการทดสอบทุกครั้ง

ให้วัดเวลาตัดวงจรที่แต่ละค่าของกระแสเหลือ จำนวน 5 ครั้ง

เวลาตัดวงจรต้องไม่เกินค่าขีดจำกัดที่กำหนดของกระแสเหลือแต่ละค่า

2) การทดสอบเพิ่มเติมสำหรับ RCBO แบบ S

ให้สอบเทียบวงจรทดสอบที่แต่ละค่าของกระแสเหลือตามที่กำหนดในตารางที่ 2 สวิตช์ทดสอบ S_1 และ RCBO อยู่ในตำแหน่งปิด ให้ป้อนกระแสเหลือที่เกิดขึ้นทันทีโดยปิดวงจรด้วยสวิตช์ทดสอบ S_2 สำหรับช่วงเวลาที่สอดคล้องกับเวลาไม่ทำงานต่ำสุด โดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนร้อยละ $^{0}_{-5}$

การป้อนกระแสเหลือแต่ละครั้ง ให้มีระยะเวลาห่างกันไม่น้อยกว่า 1 นาที

ในระหว่างการทดสอบทุกครั้ง RCBO ต้องไม่ทริป

จากนั้นให้ทดสอบซ้ำที่อุณหภูมิโดยรอบ –5 องศาเซลเซียส และ +40 องศาเซลเซียส

ในระหว่างการทดสอบทุกครั้ง RCBO ต้องไม่ทริป

ง) การทวนสอบความถูกต้องของการทำงานในกรณีที่เกิดกระแสเหลือระหว่าง 5 $I_{\Delta n}$ กับ 500 แอมแปร์ทันที

ให้สอบเทียบวงจรทดสอบอย่างสมบูรณ์ให้มีกระแสเหลือ ดังนี้

5 แอมแปร์ 10 แอมแปร์ 20 แอมแปร์ 50 แอมแปร์ 100 แอมแปร์ และ 200 แอมแปร์ สวิตช์ทดสอบ S_1 และ RCBO อยู่ในตำแหน่งปิด ให้ป้อนกระแสเหลือที่เกิดขึ้นทันทีโดยการปิดวงจรด้วยสวิตช์ทดสอบ S_2

ในระหว่างการทดสอบแต่ละครั้ง RCBO ต้องทริป เวลาตัดวงจรต้องไม่เกินเวลาที่กำหนดในตารางที่ 2

ในการทดสอบแต่ละครั้งที่ค่ากระแสเหลือ ให้สุ่มทดสอบเฉพาะขั้วใดขั้วหนึ่งเท่านั้น

9.9.1.3 การทวนสอบความถูกต้องของการทำงานขณะที่มีโหลดที่อุณหภูมิอ้างอิง

ให้ทดสอบซ้ำตามข้อ 9.9.1.2 ข) และข้อ 9.9.1.2 ค) ขณะที่ RCBO มีโหลดที่มีกระแสไฟฟ้าที่กำหนดเหมือนการใช้งานตามปกติ เป็นเวลาเพียงพอเพื่อให้ถึงภาวะคงตัว

ในทางปฏิบัติถือว่าถึงภาวะคงตัวเมื่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นไม่เกิน 1 เคลวินต่อชั่วโมง

สำหรับ RCBO ที่มีการตั้งค่ากระแสเหลือที่ทำงานได้หลายค่า ให้ทดสอบแต่ละค่าจนครบทุกค่า

9.9.1.4 การทดสอบที่ขีดจำกัดของอุณหภูมิ

RCBO ต้องเป็นไปตามการทดสอบที่กำหนดในข้อ 9.9.1.2 ค) อย่างสมบูรณ์ภายใต้ภาวะที่กำหนดดังนี้

ก) อุณหภูมิโดยรอบ −5 องศาเซลเซียส ขณะไม่มีโหลด

ข) อุณหภูมิโดยรอบ +40 องศาเซลเซียส ขณะที่ RCBO มีโหลดที่มีกระแสไฟฟ้าที่กำหนดก่อน ที่แรงดันไฟฟ้าใด ๆ จนกระทั่งได้รับความร้อนถึงภาวะคงตัว ในทางปฏิบัติถือว่าภาวะคงตัวเมื่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นไม่เกิน 1 เคลวินต่อชั่วโมง

RCBO ที่มีการตั้งค่ากระแสเหลือที่ทำงานได้หลายค่า ให้ทดสอบแต่ละค่าจนครบทุกค่า

หมายเหตุ การทำให้ร้อนก่อนอาจทำได้โดยการลดแรงดันไฟฟ้า แต่วงจรช่วยต้องต่อเข้ากับแรงดันไฟฟ้าทำงานตามปกติ (โดยเฉพาะส่วนประกอบที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้า)

9.9.1.5 ภาวะทดสอบพิเศษสำหรับ RCBO ที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้า

RCBO ที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้า การทดสอบแต่ละครั้งให้ทดสอบที่แรงดันไฟฟ้า 1.1 เท่า และ 0.85 เท่าของแรงดันไฟฟ้าเข้าที่กำหนด โดยป้อนเข้าที่ขั้วต่อสายที่เกี่ยวเนื่อง

9.9.2 การทวนสอบลักษณะเฉพาะการทำงานภายใต้ภาวะกระแสเกิน

การทดสอบนี้เพื่อทวนสอบว่า RCBO เป็นไปตามข้อกำหนดในข้อ 8.5.2

9.9.2.1 การทดสอบลักษณะเฉพาะของเวลา – กระแสเกิน

ก) ป้อนกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 1.13 I_n (กระแสไฟฟ้าไม่ทริปที่ใช้ทั่วไป) ไหลผ่านทุกขั้วเป็นเวลาที่ใช้ทั่วไป (ดูข้อ 8.5.2.1 และข้อ 8.5.2.2 ก)) โดยเริ่มต้นขณะที่ RCBO ยังเย็นอยู่ (ดูตารางที่ 8)

RCBO ต้องไม่ทริป

จากนั้นให้เพิ่มกระแสไฟฟ้าอย่างคงที่ให้มีค่าเท่ากับ 1.45 I_n ภายใน 5 วินาที (กระแสไฟฟ้าทริป ที่ใช้ทั่วไป)

RCBO ต้องทริปภายในเวลาที่ใช้ทั่วไป

ข) ป้อนกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 2.55 I_n ไหลผ่านทุกขั้ว โดยเริ่มต้นขณะที่ยังเย็นอยู่

เวลาเปิดวงจรต้องไม่น้อยกว่า 1 วินาที และไม่เกิน

- 60 วินาที สำหรับ RCBO ที่มีกระแสไฟฟ้าที่กำหนดไม่เกิน 32 แอมแปร์
- 120 วินาที สำหรับ RCBO ที่มีกระแสไฟฟ้าที่กำหนดเกิน 32 แอมแปร์

9.9.2.2 การทดสอบการทริปทันที

ก) สำหรับ RCBO แบบ B

ป้อนกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 3 I_n ไหลผ่านทุกขั้ว โดยเริ่มต้นขณะที่ยังเย็นอยู่

เวลาเปิดวงจรต้องไม่น้อยกว่า 0.1 วินาที

ป้อนกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 5 I_n ไหลผ่านทุกขั้วอีกครั้ง โดยเริ่มต้นขณะที่ยังเย็นอยู่

เวลาทริปต้องน้อยกว่า 0.1 วินาที

ข) สำหรับ RCBO แบบ C

ป้อนกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 5 I_n ไหลผ่านทุกขั้ว โดยเริ่มต้นขณะที่ยังเย็นอยู่

เวลาเปิดวงจรต้องไม่น้อยกว่า 0.1 วินาที

ป้อนกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 10 I_n ไหลผ่านทุกขั้วอีกครั้ง โดยเริ่มต้นขณะที่ยังเย็นอยู่

เวลาทริปต้องน้อยกว่า 0.1 วินาที

ค) สำหรับ RCBO แบบ D

ป้อนกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 10 I_n ไหลผ่านทุกขั้ว โดยเริ่มต้นขณะที่ยังเย็นอยู่

เวลาเปิดวงจรต้องไม่น้อยกว่า 0.1 วินาที

ป้อนกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 50 I_n ไหลผ่านทุกขั้วอีกครั้ง โดยเริ่มต้นขณะที่ยังเย็นอยู่

เวลาทริปต้องน้อยกว่า 0.1 วินาที

9.9.2.3 การทดสอบผลกระทบของอุณหภูมิโดยรอบต่อลักษณะเฉพาะการทริป

การตรวจสอบให้ทำโดยการทดสอบดังนี้

ก) วาง RCBO ไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศโดยรอบอ้างอิงเท่ากับ (35 ± 2) องศาเซลเซียส จนมีอุณหภูมิคงตัว

ป้อนกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 1.13 I_n (กระแสไฟฟ้าไม่ทริปที่ใช้ทั่วไป) ไหลผ่านทุกขั้วเป็นเวลาที่ใช้ทั่วไป จากนั้นให้เพิ่มกระแสไฟฟ้าอย่างคงที่ให้มีค่าเท่ากับ 1.9 I_n ภายใน 5 วินาที

RCBO ต้องทริปภายในเวลาที่ใช้ทั่วไป

ข) วาง RCBO ไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศโดยรอบอ้างอิงเท่ากับ (10 ± 2) องศาเซลเซียส จนมีอุณหภูมิคงตัว

ป้อนกระแสไฟฟ้าเท่ากับ I_n ไหลผ่านทุกขั้ว

RCBO ต้องไม่ทริปภายในเวลาที่ใช้ทั่วไป

9.10 การทวนสอบความทนทานการใช้งานทางกลและทางไฟฟ้า

9.10.1 ภาวะทดสอบทั่วไป

ต้องยึด RCBO ไว้กับแท่นรองรับโลหะ

ให้ทดสอบที่แรงดันไฟฟ้าทำงานที่กำหนด ปรับกระแสไฟฟ้าให้เท่ากับกระแสไฟฟ้าที่กำหนด โดยใช้ตัวต้านทานและรีแอกเตอร์ต่ออนุกรมเข้ากับขั้วต่อสายด้านโหลด

ถ้าใช้รีแอกเตอร์แบบแกนอากาศ ให้นำตัวต้านทานที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านประมาณร้อยละ 0.6 ของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านรีแอกเตอร์ มาต่อขนานเข้ากับแต่ละรีแอกเตอร์

ถ้าใช้รีแอกเตอร์แบบแกนเหล็ก กำลังสูญเสียของแกนเหล็กของรีแอกเตอร์ต้องไม่มีอิทธิพลต่อแรงดันไฟฟ้าฟื้นตัว

กระแสไฟฟ้าต้องมีรูปคลื่นใกล้ไซน์ และตัวประกอบกำลังต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 0.85 กับ 0.9

ต่อ RCBO เข้ากับวงจรด้วยตัวนำที่มีพื้นที่หน้าตัดตามที่กำหนดในตารางที่ 11

9.10.2 วิธีทดสอบ

ให้ทดสอบ RCBO จำนวน 2 000 วัฏจักรการทำงาน แต่ละวัฏจักรการทำงานประกอบด้วยการทำงานปิด และตามด้วยการทำงานเปิด

RCBO ต้องทำงานเหมือนการใช้งานตามปกติ

การทำงานเปิด ให้ปฏิบัติดังนี้

RCBO ที่มี $I_{\Delta n} > 0.010$ แอมแปร์

- 1 000 วัฏจักรการทำงานแรก ให้ใช้อุปกรณ์บังคับกลไกด้วยมือ
- 500 วัฏจักรการทำงานต่อมา ให้ใช้อุปกรณ์ทดสอบ
- 500 วัฏจักรการทำงานสุดท้าย ให้ป้อนกระแสเหลือที่ทำงานเท่ากับ $I_{\Delta n}$ ไหลผ่านขั้วใดขั้วหนึ่ง

RCBO ที่มี $I_{\Delta n} \le 0.010$ แอมแปร์

- 500 วัฏจักรการทำงานแรก ให้ใช้อุปกรณ์บังคับกลไกด้วยมือ
- 750 วัฏจักรการทำงานต่อมา ให้ใช้อุปกรณ์ทดสอบ
- 750 วัฏจักรการทำงานสุดท้าย ให้ป้อนกระแสเหลือที่ทำงานเท่ากับ $I_{\Delta n}$ ไหลผ่านขั้วใดขั้วหนึ่ง

ให้ทดสอบ RCBO เพิ่มเติมขณะไม่มีโหลด โดยใช้อุปกรณ์บังคับกลไกด้วยมือ ดังนี้

- 2 000 วัฏจักรการทำงานสำหรับ RCBO ที่มี $I_n \le 25$ แอมแปร์
- 1 000 วัฏจักรการทำงานสำหรับ RCBO ที่มี $I_n > 25$ แอมแปร์

ความถี่ของการทำงานให้เป็นดังนี้

- 4 วัฏจักรการทำงานต่อนาที สำหรับ RCBO ที่มี $I_n \le 25$ แอมแปร์ โดยมีช่วงเวลา "ON" อยู่ระหว่าง 1.5 วินาที กับ 2 วินาที
- 2 วัฏจักรการทำงานต่อนาที สำหรับ RCBO ที่มี $I_n > 25$ แอมแปร์ โดยมีช่วงเวลา "ON" อยู่ระหว่าง 1.5 วินาที กับ 2 วินาที

หมายเหตุ สำหรับ RCBO ที่มีการตั้งค่ากระแสเหลือที่ทำงานได้หลายค่า ให้ทดสอบโดยการตั้งที่ค่าต่ำสุด

9.10.3 ภาวะของ RCBO ภายหลังการทดสอบ

ภายหลังการทดสอบตามข้อ 9.10.2 RCBO ต้องไม่มีผลดังนี้

- การสึกหรอมากเกินไป
- เปลือกหุ้มเสียหายจนนิ้วทดสอบมาตรฐานเข้าถึงส่วนที่มีไฟฟ้าได้
- การหลุดหลวมของการต่อทางไฟฟ้าและทางกล
- การไหลซึมของสารปิดผนึก (ถ้ามี)

ภายใต้ภาวะการทดสอบตามข้อ 9.9.1.2 ค) 1) RCBO ต้องทริปด้วยกระแสไฟฟ้าทดสอบเท่ากับ 1.25 $I_{\Delta n}$ ให้ทดสอบครั้งเดียวโดยไม่ต้องวัดเวลาตัดวงจร

จากนั้นให้นำ RCBO มาทดสอบความคงทนไดอิเล็กทริกตามที่กำหนดในข้อ 9.7.3 แต่ใช้แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 2 เท่าของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด แต่ต้องไม่น้อยกว่า 900 โวลต์ เป็นเวลา 1 นาที โดยไม่ต้องอบความชื้นก่อน

ต้องทดสอบ RCBO เพิ่มเติมตามที่กำหนดในข้อ 9.9.2.1 ข)

9.11 การทวนสอบกลไกทริปอิสระ

9.11.1 ภาวะทดสอบทั่วไป

ติดตั้งและต่อสายไฟฟ้าของ RCBO เหมือนการใช้งานตามปกติ

ให้ทดสอบกับวงจรที่ไม่มีความเหนี่ยวนำ ดังแผนภาพที่แสดงในรูปที่ 4ก

9.11.2 วิธีทดสอบ

ป้อนกระแสเหลือเท่ากับ 1.5 $I_{\Delta n}$ ไหลผ่านโดยการปิดวงจรด้วยสวิตซ์ทดสอบ S_2 ขณะที่ RCBO อยู่ในตำแหน่งปิดและยึดอุปกรณ์บังคับกลไกให้อยู่ในตำแหน่งปิด RCBO ต้องทริป

จากนั้นให้ทดสอบซ้ำ โดยให้อุปกรณ์บังคับกลไกเคลื่อนที่อย่างช้าเกินช่วงเวลาประมาณ 1 วินาที ไปยังตำแหน่งที่กระแสไฟฟ้าเริ่มต้นไหลผ่าน ต้องเกิดการทริปโดยไม่มีการเคลื่อนที่ต่อไปของอุปกรณ์บังคับกลไก

แต่ละการทดสอบ ให้ทดสอบ 3 ครั้ง อย่างน้อยต้องทดสอบ 1 ครั้งกับแต่ละขั้วที่ต่อเข้ากับเฟส

หมายเหตุ 1. ถ้า RCBO มีอุปกรณ์บังคับกลไกมากกว่าหนึ่งตัว ให้ทวนสอบการทำงานของกลไกทริปอิสระของอุปกรณ์บังคับกลไกทุกตัว

หมายเหตุ 2. สำหรับ RCBO ที่มีการตั้งค่ากระแสเหลือที่ทำงานได้หลายค่า ให้ทดสอบแต่ละค่าจนครบทุกค่า

9.12 การทดสอบการลัดวงจร

9.12.1 ภาวะทั่วไปสำหรับการทดสอบ

ให้ใช้ภาวะตามข้อ 9.12.1 ถึง ข้อ 9.12.12 สำหรับการทดสอบเพื่อทวนสอบการทำงานของ RCBO ภายใต้ภาวะลัดวงจร อย่างไรก็ตามสำหรับการทดสอบวิสัยสามารถการต่อและการตัดกระแสเหลือที่กำหนด ข้อกำหนดเพิ่มเติมให้เป็นไปตามข้อ 9.12.13

หมายเหตุ สำหรับ RCBO ที่มีการตั้งค่ากระแสเหลือที่ทำงานได้หลายค่า ให้ทดสอบโดยการตั้งที่ค่าต่ำสุด

การทดสอบเพื่อทวนสอบสมรรถนะการลัดวงจรประกอบด้วยลำดับการทำงานต่อและตัดวงจรที่เหมาะสมสำหรับสมรรถนะที่ทวนสอบ ให้เป็นไปตามตารางที่ 16

RCBO ทุกแบบ ให้ทดสอบดังนี้

- ที่ 500 แอมแปร์หรือ 10 I_n แล้วแต่ค่าใดจะมากกว่า ตามข้อ 9.12.11.2 และข้อ 9.12.12.1
- ที่ 1 500 แอมแปร์ ตามข้อ 9.12.11.3 และ ข้อ 9.12.12.1
- ที่วิสัยสามารถการต่อและการตัดกระแสเหลือที่กำหนด (ดูข้อ 5.2.7) ตามข้อ 9.12.13.1 ข้อ 9.12.13.2 และข้อ 9.12.12.1

RCBO ที่มีความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนดมากกว่า 1 500 แอมแปร์ ให้ทดสอบเพิ่มเติมดังนี้

- ที่ความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรใช้งานที่กำหนด (ดูข้อ 3.4.6.2) ตามข้อ 9.12.11.4 ข) และข้อ 9.12.12.1 ค่าความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรใช้งานที่กำหนดได้จากผลคูณของความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนดกับตัวประกอบ k ที่กำหนดในตารางที่ 18
- ที่ความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนด (ดูข้อ 5.2.6) ตามข้อ 9.12.11.4 ค) และข้อ 9.12.12.2 ถ้าตัวประกอบ k มีค่าน้อยกว่า 1 ให้ใช้ตัวอย่างใหม่มาทดสอบ

ตารางที่ 16 รายการทดสอบการลัดวงจร
(ข้อ 9.12.1)

ชนิดของการทดสอบ	RCBO ที่ทดสอบ	การทวนสอบเป็นไปตามข้อ
ทดสอบที่กระแสไฟฟ้าลัดวงจรลดลง (ข้อ 9.12.11.2)	RCBO ทุกแบบ	9.12.12.1
ทดสอบที่ 1 500 A (ข้อ 9.12.11.3)		
ทดสอบที่วิสัยสามารถการต่อและการตัดกระแสเหลือที่กำหนด (ข้อ 9.12.13.1)		9.12.13.2
ทดสอบที่ความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรใช้งาน (ข้อ 9.12.11.4 ข))	RCBO ที่มี I_{cn} > 1 500 A	9.12.12.1
ทดสอบที่ความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนด (ข้อ 9.12.11.4 ค))		9.12.12.2

9.12.2 วงจรทดสอบสำหรับสมรรถนะการลัดวงจร

ให้ใช้แผนภาพของวงจรทดสอบตามที่กำหนดในรูปที่ 5 ถึง 9 ตามลำดับสำหรับการทดสอบเกี่ยวกับ

- RCBO แบบขั้วเดี่ยว มีทางเดินไฟฟ้า 2 ทาง (รูปที่ 5)
- RCBO แบบ 2 ขั้ว มีขั้วป้องกันกระแสเกิน 1 ขั้วหรือ 2 ขั้ว (รูปที่ 6)
- RCBO แบบ 3 ขั้ว (รูปที่ 7)
- RCBO แบบ 3 ขั้ว มีทางเดินไฟฟ้า 4 ทาง (รูปที่ 8)
- RCBO แบบ 4 ขั้ว (รูปที่ 9)

ต้องสามารถปรับค่าความต้านทานและรีแอกแทนซ์ของอิมพิแดนซ์ Z และ Z_1 ให้เป็นไปตามภาวะทดสอบที่กำหนด นิยมใช้รีแอกเตอร์แบบแกนอากาศ ต้องต่ออนุกรมกับตัวต้านทานเสมอและค่าเหล่านี้ต้องได้จากการต่ออนุกรมของแต่ละรีแอกเตอร์ ยอมให้ใช้การต่อขนานของรีแอกเตอร์ได้เมื่อรีแอกเตอร์เหล่านี้มีค่าคงตัวเวลา (time-constant) ค่าเดียวกัน

หากลักษณะเฉพาะของแรงดันไฟฟ้าฟื้นตัวชั่วครู่ของวงจรทดสอบที่รวมเข้ากับรีแอกเตอร์แบบแกนอากาศขนาดใหญ่ ไม่สามารถแทนภาวะการใช้งานตามปกติได้ ต้องต่อขนานด้วยตัวต้านทาน R_1 เข้ากับรีแอกเตอร์แบบแกนอากาศในแต่ละเฟส เพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านประมาณร้อยละ 0.6 ของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านรีแอกเตอร์

ถ้าใช้รีแอกเตอร์แบบแกนเหล็ก กำลังไฟฟ้าสูญเสียของแกนเหล็กของรีแอกเตอร์ต้องมีค่าไม่เกินกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ถูกดูดกลืนโดยตัวต้านทานที่ต่อขนานกับรีแอกเตอร์แบบแกนอากาศ

แต่ละวงจรทดสอบสำหรับการทดสอบความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนด ให้ต่ออิมพีแดนซ์ Z ระหว่างแหล่งจ่ายไฟฟ้า S และ RCBO ที่ทดสอบ

เมื่อกระแสไฟฟ้าที่ทดสอบน้อยกว่าค่าความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนด ให้ต่ออิมพีแดนซ์ Z_1 เข้ากับทางด้านโหลดของ RCBO

สำหรับการทดสอบทั้งความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนดและที่ใช้งาน และวิสัยสามารถการต่อและการตัดกระแสเหลือลัดวงจรที่กำหนด ต้องต่อแต่ละขั้วของ RCBO เข้ากับสายไฟฟ้าที่มีความยาว 0.75 เมตร และมีพื้นที่หน้าตัดใหญ่ที่สุดตามที่กำหนดในตารางที่ 6

หมายเหตุ ให้ต่อด้วยสายไฟฟ้ายาว 0.50 เมตร ทางด้านแหล่งจ่ายไฟฟ้า และยาว 0.25 เมตร ทางด้านโหลดของ RCBO ที่ทดสอบ

สวิตช์ S_1 ยังคงเปิดอยู่ระหว่างการทดสอบลัดวงจรทุกข้อ ยกเว้นการทดสอบตามข้อ 9.12.13

ให้ใช้ตัวต้านทาน R_2 ที่มีค่าประมาณ 0.5 โอห์ม ต่ออนุกรมเข้ากับลวดทองแดง F ดังแสดงในรูปที่ 5 ถึงรูปที่ 9 ตามความเหมาะสม

ลวดทองแดง F ต้องมีความยาวไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร และมี

- เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1 มิลลิเมตร สำหรับ RCBO ที่ทดสอบในอากาศ และติดตั้งกับแท่นรองรับโลหะ
- เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 มิลลิเมตร สำหรับ RCBO ที่ทดสอบในเปลือกหุ้มเดี่ยวเล็กที่สุดตามที่ผู้ทำระบุ

วงจรทดสอบต้องมีการต่อลงดินโดยตรงเพียงหนึ่งจุดเท่านั้น ซึ่งอาจจะต่อลัดวงจรของวงจรทดสอบหรือจุดเป็นกลางของแหล่งจ่ายไฟฟ้า หรือจุดที่เหมาะสมอื่น ๆ ให้ระบุวิธีการต่อลงดินในรายงานผลการทดสอบ ชิ้นส่วนที่มีกระแสไฟฟ้าทั้งหมดที่ทดสอบซึ่งโดยทั่วไปต่อลงดินขณะใช้งานตามปกติรวมทั้งแท่นรองรับโลหะที่ติดตั้ง RCBO หรือเปลือกหุ้มโลหะใด ๆ ต้องต่อเข้ากับจุดเป็นกลางของแหล่งจ่ายไฟฟ้า หรือต่อเข้ากับสายกลางเทียมที่ไม่มีความเหนี่ยวนำ (non-inductive artificial neutral)

ให้ใช้ตัวต้านทาน R_1 ที่ทำให้แต่ละเฟสมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน 10 แอมแปร์ ต่อเข้ากับทางด้านแหล่งจ่ายไฟฟ้าของ RCBO ระหว่างอิมพีแดนซ์ (สำหรับปรับค่ากระแสไฟฟ้าคาดหวังให้เท่ากับความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนด) กับ RCBO

ต่อตัวรับรู้ (sensor) กระแสไฟฟ้า O_1 ทางด้านโหลดของ RCBO

ต่อตัวรับรู้แรงดันไฟฟ้า O_2 คร่อมระหว่าง

- ขั้วต่อสายแต่ละขั้ว สำหรับ RCBO แบบขั้วเดี่ยว
- ขั้วต่อสายของแหล่งจ่ายไฟฟ้า สำหรับ RCBO แบบหลายขั้ว

หากมิได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น ในรายงานผลการทดสอบ ค่าความต้านทานของวงจรที่ใช้วัดต้องไม่น้อยกว่า 100 โอห์มต่อโวลต์ของแรงดันไฟฟ้าฟื้นตัวความถี่กำลัง

RCBO ที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้า ให้ป้อนแรงดันไฟฟ้าทางด้านแหล่งจ่ายไฟฟ้าด้วยแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด หรือด้วยแรงดันไฟฟ้าค่าต่ำของพิสัยแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด

ต้องระบุแผนภาพของวงจรทดสอบไว้ในรายงานผลทดสอบ

9.12.3 ค่าของปริมาณการทดสอบ

การทดสอบทั้งหมดที่เกี่ยวกับการทวนสอบความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนด ต้องเป็นไปตามค่าที่ผู้ทำกำหนดซึ่งสอดคล้องกับตารางที่สัมพันธ์กันของมาตรฐานนี้

ค่าของแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าเป็นค่าที่มีความจำเป็นสำหรับสร้างแรงดันไฟฟ้าฟื้นตัวความถี่กำลังที่กำหนด

ค่าของแรงดันไฟฟ้าฟื้นตัวความถี่กำลังต้องเท่ากับค่าซึ่งสอดคล้องกับร้อยละ 105 ของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดของ RCBO ที่ทดสอบ

หมายเหตุ ค่าร้อยละ 105 (± ร้อยละ 5) ของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด เชื่อได้ว่าสามารถครอบคลุมผลของการแปรผันของระบบแรงดันไฟฟ้าภายใต้ภาวะการใช้งานตามปกติ ขีดจำกัดด้านบนอาจเพิ่มขึ้นได้โดยได้รับการรับรองจากผู้ทำ

9.12.4 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของปริมาณการทดสอบ

ให้ถือว่าการทดสอบถูกต้อง ถ้าปริมาณการทดสอบที่บันทึกในรายงานผลการทดสอบ มีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนอยู่ภายในค่าที่กำหนดดังต่อไปนี้

- กระแสไฟฟ้า ร้อยละ $^{+5}_{0}$
- ความถี่ ± ร้อยละ 5
- ตัวประกอบกำลัง $^{0}_{-0.05}$
- แรงดันไฟฟ้า (รวมทั้งแรงดันไฟฟ้าฟื้นตัว) ± ร้อยละ 5

9.12.5 ตัวประกอบกำลังของวงจรทดสอบ

ต้องหาค่าตัวประกอบกำลังของแต่ละเฟสของวงจรทดสอบด้วยวิธีที่ยอมรับได้และต้องระบุไว้ในรายงานผลการทดสอบ ดังตัวอย่างที่แสดงไว้ในภาคผนวก ญ.

ให้พิจารณาตัวประกอบกำลังของวงจรทดสอบหลายเฟสเป็นค่าเฉลี่ยของตัวประกอบกำลังของแต่ละเฟส

พิสัยของตัวประกอบกำลัง ให้เป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 พิสัยของตัวประกอบกำลังของวงจรทดสอบ

(ข้อ 5.3.7 ข้อ 9.12.5 ข้อ 9.12.7.2 ข้อ 9.12.7.4 ข้อ 9.12.11.3 และข้อ 9.12.11.4)

กระแสไฟฟ้าทดสอบ (I_{cc}) A	พิสัยของตัวประกอบกำลังที่สมนัยกัน
$I_{cc} \leq 1\,500$	0.93 ถึง 0.98
$1\,500 < I_{cc} \leq 3\,000$	0.85 ถึง 0.90
$3\,000 < I_{cc} \leq 4\,500$	0.75 ถึง 0.80
$4\,500 < I_{cc} \leq 6\,000$	0.65 ถึง 0.70
$6\,000 < I_{cc} \leq 10\,000$	0.45 ถึง 0.50
$10\,000 < I_{cc} \leq 25\,000$	0.20 ถึง 0.25

9.12.6 การวัดและการทวนสอบของ I^2t และกระแสไฟฟ้าค่ายอด (I_p)

ต้องวัดค่า I^2t และ I_p ระหว่างการทดสอบตามข้อ 9.12.11.2 ข้อ 9.12.11.3 และ ข้อ 9.12.11.4 ในกรณีทดสอบ RCBO ในวงจร 3 เฟส ต้องวัดค่า I^2t ของแต่ละขั้ว

ต้องบันทึกค่า I^2t สูงสุดที่วัดได้ในรายงานผลการทดสอบ และค่าที่วัดได้ต้องไม่เกินค่าที่สมนัยกันของลักษณะเฉพาะของ I^2t

9.12.7 การสอบเทียบวงจรทดสอบ

9.12.7.1 ให้สอบเทียบวงจรทดสอบ โดยต่อ G_1 และ G_2 ที่มีค่าอิมพีแดนซ์น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับวงจรทดสอบ เข้ากับตำแหน่งที่แสดงในรูป 5 ถึงรูปที่ 9

9.12.7.2 เพื่อให้ได้กระแสไฟฟ้าคาดหวังเท่ากับความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนดของ RCBO ที่ตัวประกอบกำลังที่สมนัยกันตามที่กำหนดในตารางที่ 17 ให้ต่ออิมพีแดนซ์ Z เข้าทางด้านแหล่งจ่ายไฟฟ้าของ G_1

9.12.7.3 เพื่อให้ได้กระแสไฟฟ้าทดสอบน้อยกว่าความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนดของ RCBO ให้ต่ออิมพีแดนซ์เพิ่มเติม Z_1 เข้าทางด้านโหลดของ G_2 ดังแสดงในรูปที่ 5 ถึงรูปที่ 9

9.12.7.4 เพื่อให้ได้กระแสไฟฟ้าคาดหวังเท่ากับวิสัยสามารถการต่อและการตัดกระแสเหลือที่กำหนดที่ตัวประกอบกำลังที่สมนัยกันตามที่กำหนดในตารางที่ 17 ให้ต่ออิมพีแดนซ์ Z_2 เข้ากับวงจรทดสอบตามที่แสดงในรูปที่ 5 ถึงรูปที่ 9

9.12.8 การตีความบันทึกผลการทดสอบ

ก) การหาค่าแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าและแรงดันไฟฟ้าฟื้นตัวความถี่กำลัง

แรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าและแรงดันไฟฟ้าฟื้นตัวความถี่กำลังหาได้จากบันทึกผลการทดสอบที่เกี่ยวกับการทดสอบการตัดวงจรของ RCBO ที่ทดสอบ แรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าหาได้ตามที่แสดงในรูปที่ 10

ต้องวัดแรงดันไฟฟ้าทางด้านแหล่งจ่ายไฟฟ้า ในระหว่างวัฏจักรแรกหลังจากการดับของอาร์กในทุกขั้ว และหลังจากปรากฏการณ์ความถี่สูงหายไป

ข) การหาค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจรคาดหวัง

องค์ประกอบไฟฟ้ากระแสสลับของกระแสไฟฟ้าคาดหวังให้เท่ากับค่ารากกำลังสองเฉลี่ยขององค์ประกอบไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าสลับของกระแสไฟฟ้าสอบเทียบ (ค่าที่สมนัยกับ A2 ของรูปที่ 10)

กระแสไฟฟ้าลัดวงจรคาดหวังต้องเป็นค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้าคาดหวังของทุกเฟส

9.12.9 ภาวะของ RCBO สำหรับการทดสอบ

ต้องทดสอบ RCBO ในอากาศอิสระตามที่กำหนดในข้อ 9.12.9.1 ยกเว้นผู้ทำออกแบบให้ใช้งานในเปลือกหุ้มเท่านั้น หรือมีจุดประสงค์ให้ใช้งานในเปลือกหุ้มเดี่ยวเท่านั้น ในแต่ละกรณีให้ทดสอบตามข้อ 9.12.9.2 หรือตามข้อตกลงของผู้ทำ ให้ทดสอบตามข้อ 9.12.9.1

หมายเหตุ เปลือกหุ้มเดี่ยว หมายถึง เปลือกหุ้มที่ออกแบบให้ใช้กับหนึ่งเครื่องเท่านั้น

RCBO ต้องทำงานในภาวะที่จำลองขึ้นให้ใกล้เคียงกับการทำงานตามปกติเท่าที่เป็นไปได้

RCBO แบบใช้เสียบซึ่งตามปกติติดตั้งบนแท่นรองรับฉนวน ให้ทดสอบโดยยึดแท่นรองรับฉนวนเข้ากับแท่นรองรับโลหะ

9.12.9.1 การทดสอบในอากาศอิสระ

ให้ติดตั้ง RCBO ที่ทดสอบ ดังแสดงในภาคผนวก ค. รูปที่ ค.1

ให้ใส่แผ่นพอลิเอทิลีน และแผ่นกั้นที่ทำด้วยวัสดุฉนวนที่กำหนดในภาคผนวก ค. ดังแสดงในรูปที่ ค.1 สำหรับการทำงานเปิด (O) เท่านั้น

กริดตามที่กำหนดในภาคผนวก ค. ต้องอยู่ในตำแหน่งซึ่งก๊าซที่แตกตัวที่แพร่กระจายออกมาสามารถผ่านกริดได้ และต้องวางกริดให้อยู่ในตำแหน่งที่ให้ผลเลวที่สุด

หมายเหตุ ถ้าไม่สามารถสังเกตเห็นช่องระบายหรือถ้าไม่มีช่องระบาย ผู้ทำต้องให้ข้อมูลที่เหมาะสม

วงจรกริด (ดูรูปที่ ค.3) ต้องต่อเข้ากับจุด B และจุด C ดังแสดงในแผนภาพวงจรทดสอบของรูปที่ 5 ถึงรูปที่ 9

ตัวต้านทาน R′ ต้องมีความต้านทาน 1.5 โอห์ม ลวดทองแดง F′ (ดูรูปที่ ค.3) ต้องมีความยาว 50 มิลลิเมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.12 มิลลิเมตร สำหรับ RCBO ที่มีแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 230 โวลต์ และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.16 มิลลิเมตร สำหรับ RCBO ที่มีแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 400 โวลต์

กระแสไฟฟ้าทดสอบไม่เกิน 1 500 แอมแปร์ ระยะห่าง “a” ต้องเท่ากับ 35 มิลลิเมตร

กระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่ไม่เกิน I_{cn} ระยะห่าง “a” อาจจะเพิ่มขึ้นและ/หรือเพิ่มเติมแผ่นกั้น หรือเพิ่มวิธีการฉนวนที่เหมาะสมตามที่ผู้ทำกำหนดไว้ ถ้าเพิ่มระยะห่าง “a” ต้องเลือกจากเลขอนุกรม 40-45-50-55-... มิลลิเมตร และผู้ทำกำหนดไว้

9.12.9.2 การทดสอบในเปลือกหุ้ม

ให้ถอดกริดและแผ่นกั้นที่ทำด้วยวัสดุฉนวน ที่แสดงในรูปที่ ค.1 ออก

การทดสอบให้ทำในลักษณะที่ติดตั้ง RCBO ในเปลือกหุ้มในสภาพที่ให้ผลเลวที่สุด

หมายเหตุ ข้อกำหนดนี้หมายความว่า ถ้าปกติ RCBO อื่น (หรืออุปกรณ์อื่น) ติดตั้งไว้ในตำแหน่งที่กริดอาจจะวางอยู่ก็ให้ติดตั้งตามนั้น ให้ป้อนแหล่งจ่ายไฟฟ้ากับ RCBO (หรืออุปกรณ์อื่น) เหมือนการใช้งานตามปกติ แต่ผ่าน F′ และ R′ ตามที่กำหนดในข้อ 9.12.9.1 และต่อเข้ากับวงจรดังแสดงในรูปที่ 5 ถึงรูปที่ 9 ตามความเหมาะสม

เพื่อให้สอดคล้องกับคำแนะนำของผู้ทำ แผ่นกั้นหรือวิธีการอื่นหรือระยะห่างในอากาศที่เพียงพออาจจำเป็นเพื่อป้องกันก๊าซที่แตกตัวไปมีผลต่อการติดตั้ง

ให้ติดตั้งแผ่นพอลิเอทิลีนตามที่กำหนดในภาคผนวก ค. ดังแสดงในรูปที่ ค.1 ที่ระยะห่างจากอุปกรณ์บังคับกลไก 10 มิลลิเมตร สำหรับการทำงานเปิด (O) เท่านั้น

9.12.10 การทำงานของ RCBO ระหว่างการทดสอบการลัดวงจร

ระหว่างการทดสอบ RCBO ต้องไม่เกิดอันตรายต่อผู้ทดสอบ

ต้องไม่มีการอาร์กอย่างถาวร ไม่มีการวาบไฟตามผิวระหว่างขั้วหรือระหว่างขั้วกับโครงรองรับ ไม่มีการระเบิดของฟิวส์ F และฟิวส์ F′ (ถ้ามี)

9.12.11 วิธีทดสอบ

9.12.11.1 ทั่วไป

ขั้นตอนการทดสอบประกอบด้วยลำดับการทำงาน ให้ใช้สัญลักษณ์ต่อไปนี้สำหรับกำหนดลำดับการทำงาน

O หมายถึง การเปิดวงจรอย่างอัตโนมัติ

CO หมายถึง การทำงานปิดวงจรตามด้วยการทำงานเปิดวงจรอย่างอัตโนมัติ

t หมายถึง ช่วงเวลาระหว่างการทำงานลัดวงจรที่ต่อเนื่องกัน 2 ครั้ง ต้องเท่ากับ 3 นาที หรือเป็นระยะเวลาที่นานกว่า สำหรับการระบายความร้อนเพื่อให้ RCBO ปิดวงจรใหม่ได้

ต้องระบุค่าจริงของ t ไว้ในรายงานผลทดสอบ

หลังจากอาร์กดับ ต้องรักษาแรงดันไฟฟ้าฟื้นตัวให้คงไว้เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 0.1 วินาที

แต่ละการทดสอบข้อ 9.12.11.2 ข้อ 9.12.11.3 และข้อ 9.12.11.4 ต้องใช้ตัวอย่างสำหรับการทดสอบจำนวน 3 ตัวอย่าง

9.12.11.2 การทดสอบที่กระแสไฟฟ้าลัดวงจรลดลง

ปรับอิมพีแดนซ์เพิ่มเติม Z_1 (ดูข้อ 9.12.7.3) จนได้กระแสไฟฟ้าเท่ากับ 500 แอมแปร์ หรือ 10 I_n แล้วแต่ค่าใดจะมากกว่า ที่ตัวประกอบกำลังมีค่าอยู่ระหว่าง 0.93 กับ 0.98

ให้แยกทดสอบแต่ละขั้วป้องกันกระแสเกินของ RCBO ตามการต่อวงจรทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 5

หมายเหตุ สำหรับ RCBO แบบ 2 ขั้วที่มี 2 ทางเดินไฟฟ้า RCBO แบบ 3 ขั้วที่มี 3 ทางเดินไฟฟ้า และ RCBO แบบ 4 ขั้วที่มี 4 ทางเดินไฟฟ้า ให้ต่อขั้วใดขั้วหนึ่งเข้ากับวงจรทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 5 แทนที่สายกลางที่ไม่มีการตัดต่อ

ให้ RCBO เปิดวงจรอย่างอัตโนมัติ 9 ครั้ง โดยให้ปิดวงจร 6 ครั้งด้วยสวิตช์ช่วย A และปิดวงจร 3 ครั้งด้วย RCBO

ลำดับการทดสอบต้องเป็นดังนี้

O-t-O-t-O-t-O-t-O-t-O-t-CO-t-CO-t-CO

สำหรับการทดสอบ สวิตช์ช่วย A ให้ซิงโครไนซ์กับคลื่นแรงดันไฟฟ้าเพื่อให้จุดเริ่มต้นของการเปิดวงจรกระจายสม่ำเสมอ 6 จุดบนครึ่งคลื่น (half-wave) โดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ± 5 องศา

9.12.11.3 การทดสอบที่ 1 500 แอมแปร์

สำหรับ RCBO ที่มีความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนดเท่ากับ 1 500 แอมแปร์ ให้สอบเทียบวงจรทดสอบตามที่กำหนดในข้อ 9.12.7.1 และข้อ 9.12.7.2 เพื่อให้ได้กระแสไฟฟ้าเท่ากับ 1 500 แอมแปร์ ที่ตัวประกอบกำลังสมนัยกับกระแสไฟฟ้าตามที่กำหนดในตารางที่ 17

สำหรับ RCBO ที่มีความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนดมากกว่า 1 500 แอมแปร์ ให้สอบเทียบวงจรทดสอบตามที่กำหนดในข้อ 9.12.7.1 และ ข้อ 9.12.7.3 ที่ตัวประกอบกำลังสมนัยกับกระแสไฟฟ้า 1 500 แอมแปร์ ตามที่กำหนดในตารางที่ 17

ให้ทดสอบ RCBO แบบขั้วเดี่ยว กับแผนภาพวงจร ดังแสดงในรูปที่ 5

ให้ทดสอบ RCBO แบบ 2 ขั้ว กับแผนภาพวงจร ดังแสดงในรูปที่ 6 โดยต่อทั้ง 2 ขั้ว เข้าในวงจรโดยไม่ต้องคำนึงถึงจำนวนขั้วป้องกันกระแสเกิน

ให้ทดสอบ RCBO แบบ 3 ขั้ว และ RCBO แบบ 4 ขั้ว ที่มีขั้วป้องกันกระแสเกิน 3 ขั้วกับแผนภาพวงจร ดังแสดงในรูปที่ 7 รูปที่ 8 และรูปที่ 9 ตามความเหมาะสม

สำหรับ RCBO แบบ 3 ขั้ว ที่มีทางเดินไฟฟ้า 3 ทาง ไม่ต้องต่อระหว่างสายกลางของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากับจุดร่วมกัน (ถ้ามี) ทางด้านโหลดของ RCBO

สำหรับ RCBO แบบ 4 ขั้ว ที่มีขั้วป้องกัน 3 ขั้ว ให้ต่อสายกลางของแหล่งจ่ายไฟฟ้าผ่านขั้วที่ไม่ได้ป้องกันหรือขั้วตัดต่อสายกลาง กับจุดร่วมกันทางด้านโหลดของ RCBO

ถ้าผู้ทำไม่ทำเครื่องหมายสายกลางของ RCBO แบบ 4 ขั้ว ให้ทดสอบซ้ำกับตัวอย่างใหม่จำนวน 3 ตัวอย่าง โดยใช้แต่ละขั้วเป็นสายกลางหมุนเวียนไปจนครบทุกขั้ว

สำหรับการทดสอบของ RCBO แบบขั้วเดี่ยว และ RCBO แบบ 2 ขั้ว สวิตช์ช่วย A ให้ซิงโครไนซ์กับคลื่นแรงดันไฟฟ้าเพื่อให้จุดเริ่มต้นของการเปิดวงจรกระจายสม่ำเสมอ 6 จุดบนครึ่งคลื่น (half-wave) โดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ± 5 องศา

ลำดับการทำงาน ต้องเป็นไปตามที่กำหนดไว้ในข้อ 9.12.11.2

สำหรับ RCBO แบบ 3 ขั้ว และ RCBO แบบ 4 ขั้ว ยอมให้สุ่มจุดทดสอบบนคลื่นได้

9.12.11.4 การทดสอบที่มากกว่า 1 500 แอมแปร์

ก) อัตราส่วนระหว่างความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรใช้งานกับความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนด (ตัวประกอบ k)

อัตราส่วนระหว่างความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรใช้งานกับความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนดต้องเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 อัตราส่วนระหว่างความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรใช้งาน (I_{cs}) กับความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนด (I_{cn}) – (ตัวประกอบ k)
(ข้อ 5.2.6 ข้อ 9.12.1 และข้อ 9.12.11.4)

I_{cn}	k
≤ 6 000 A	1
> 6 000 A ≤ 10 000 A	0.75*
> 10 000 A	0.5**
* ค่าต่ำสุดของ I_{cs} : 6 000 A ** ค่าต่ำสุดของ I_{cs} : 7 500 A	

ข) การทดสอบที่ความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรใช้งาน (I_{cs})

1) ให้สอบเทียบวงจรทดสอบตามที่กำหนดในข้อ 9.12.7.1 และข้อ 9.12.7.3 ที่ตัวประกอบกำลังเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 17

ถ้าไม่มีการทำเครื่องหมายขั้วต่อสายทางด้านแหล่งจ่ายไฟฟ้าและทางด้านโหลดของ RCBO ที่ทดสอบ ให้ต่อ 2 ตัวอย่างในทิศทางหนึ่ง และต่อตัวอย่างที่ 3 ในทิศทางกลับกัน

2) สำหรับ RCBO แบบขั้วเดี่ยว และ RCBO แบบ 2 ขั้ว ลำดับการทำงานต้องเป็นดังนี้

O-t-O-t-CO

การทำงานเปิด “O” สวิตช์ช่วย A ให้ซิงโครไนซ์กับคลื่นแรงดันไฟฟ้าเพื่อให้วงจรปิดที่จุด 0 องศาของคลื่น สำหรับการทำงานเปิด “O” กับตัวอย่างที่ 1

จากนั้นเปลี่ยนจุดไปอีก 45 องศาสำหรับการทำงานเปิด “O” ครั้งที่สองกับตัวอย่างที่ 1 สำหรับตัวอย่างที่ 2 ให้ทดสอบการทำงานเปิด “O” 2 ครั้ง ต้องให้ซิงโครไนซ์ที่ 15 องศา และ 60 องศา และตัวอย่างที่ 3 ที่ 30 องศา และ 75 องศา

เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของการซิงโครไนซ์ต้องเป็น ± 5 องศา

ขั้นตอนการทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ขั้นตอนการทดสอบ I_{CS} ในกรณีของ RCBO แบบขั้วเดี่ยว และ RCBO แบบ 2 ขั้ว

(ข้อ 9.12.11.4)

ครั้งที่ของการทำงาน	ตัวอย่างที่		
	1	2	3
1	O (0°)	O (15°)	O (30°)
2	O (45°)	O (60°)	O (75°)
3	CO	CO	CO

3) สำหรับ RCBO แบบ 3 ขั้ว และ RCBO แบบ 4 ขั้ว ลำดับการทำงานต้องเป็นดังนี้

O-t-CO-t-CO

สำหรับการทำงานเปิด “O” สวิตช์ช่วย A ให้ซิงโครไนซ์กับคลื่นแรงดันไฟฟ้าเพื่อให้วงจรปิดที่จุด x องศาใด ๆ ของคลื่น สำหรับการทำงานเปิด “O” กับตัวอย่างที่ 1

จากนั้นเปลี่ยนจุดไปอีก 60 องศาสำหรับการทำงานเปิด “O” กับตัวอย่างที่ 2 และเปลี่ยนจุดไปอีก 60 องศาสำหรับการทำงานเปิด “O” กับตัวอย่างที่ 3

เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของการซิงโครไนซ์ต้องเป็น ± 5 องศา ต้องใช้ขั้วเดียวกันสำหรับตัวอย่างที่แตกต่างกัน เพื่อใช้อ้างอิงสำหรับจุดประสงค์ของการซิงโครไนซ์

ขั้นตอนการทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ขั้นตอนการทดสอบ I_{CS} ในกรณีของ RCBO แบบ 3 ขั้ว และ RCBO แบบ 4 ขั้ว

(ข้อ 9.12.11.4)

ครั้งที่ของการทำงาน	ตัวอย่างที่		
	1	2	3
1	O (x^{O})	O ($x^{O}+ 60^{O}$)	O ($x^{O}+ 120^{O}$)
2	CO	CO	CO
3	CO	CO	CO

ค) การทดสอบที่ความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนด (I_{cn})

ให้สอบเทียบวงจรทดสอบตามที่กำหนดในข้อ 9.12.7.1 และข้อ 9.12.7.2 ถ้าไม่มีการทำเครื่องหมายขั้วต่อสายทางด้านแหล่งจ่ายไฟฟ้าและทางด้านโหลดของ RCBO ที่ทดสอบ ให้ต่อ 2 ตัวอย่างในทิศทางหนึ่ง และต่อตัวอย่างที่ 3 ในทิศทางกลับกัน

ลำดับการทำงาน ต้องเป็นดังนี้

O-t-CO

สำหรับการทำงานเปิด “O” สวิตช์ช่วย A ให้ซิงโครไนซ์กับคลื่นแรงดันไฟฟ้าเพื่อให้วงจรปิดที่จุด 15 องศา ของคลื่นสำหรับการทำงานเปิด “O” กับตัวอย่างที่ 1

จากนั้นเปลี่ยนจุดไปอีก 30 องศาสำหรับการทำงานเปิด “O” กับตัวอย่างที่ 2 และเปลี่ยนจุดไปอีก 30 องศาสำหรับการทำงานเปิด “O” กับตัวอย่างที่ 3

เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของการซิงโครไนซ์ต้องเป็น ± 5 องศา

สำหรับ RCBO แบบ 3 ขั้ว และ RCBO แบบ 4 ขั้ว ต้องใช้ขั้วเดียวกันเพื่อใช้อ้างอิงสำหรับจุดประสงค์ของการซิงโครไนซ์

ขั้นตอนการทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ขั้นตอนการทดสอบ I_{cn}

(ข้อ 9.12.11.4)

ครั้งที่ของการทำงาน	ตัวอย่างที่		
	1	2	3
1	O (15°)	O (45°)	O (75°)
2	CO	CO	CO

9.12.12 การทวนสอบ RCBO ภายหลังการทดสอบการลัดวงจร

9.12.12.1 ภายหลังการทดสอบตามข้อ 9.12.11.2 หรือ 9.12.11.3 หรือ ข้อ 9.12.11.4 ข) RCBO ต้องไม่เสียหายจนมีผลต่อการใช้งานต่อไป และต้องสามารถทนการทดสอบความคงทนไดอิเล็กทริกตามข้อ 9.7.3 ได้โดยไม่มีการซ่อมบำรุง แต่ให้ทดสอบที่แรงดันไฟฟ้าน้อยกว่าที่กำหนด 500 โวลต์ และไม่ต้องอบความชื้นก่อน

ให้ทดสอบความคงทนไดอิเล็กทริกภายหลังการทดสอบลัดวงจรระหว่าง 2 ชั่วโมง ถึง 24 ชั่วโมง

ภายหลังการทดสอบตามข้อ 9.12.11.3 หรือข้อ 9.12.11.4 ข) RCBO ต้องไม่ทริปเมื่อมีกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 0.85 เท่าของกระแสไฟฟ้าไม่ทริปที่ใช้ทั่วไปไหลผ่านทุกขั้วสำหรับเวลาที่ใช้ทั่วไปโดยเริ่มต้นขณะที่ RCBO ยังเย็นอยู่

ในขั้นตอนสุดท้ายของการทวนสอบ ให้เพิ่มกระแสไฟฟ้าอย่างสม่ำเสมอภายใน 5 วินาที จนถึง 1.1 เท่าของกระแสไฟฟ้าทริปที่ใช้ทั่วไป

RCBO ต้องทริปภายใน 1 ชั่วโมง

แผ่นพอลิเอทิลีน ต้องไม่มีรูที่มองเห็นได้ตามปกติหรือเห็นได้ชัดเจนโดยไม่มีการช่วยขยายการมองเห็น

9.12.12.2 ภายหลังการทดสอบตามข้อ 9.12.11.4 ค) RCBO ต้องสามารถทนการทดสอบความคงทนไดอิเล็กทริกตามข้อ 9.7.3 ที่แรงดันไฟฟ้าทดสอบ 900 โวลต์ ได้ โดยไม่มีการซ่อมบำรุง และไม่ต้องอบความชื้นก่อน

RCBO ทุกตัวต้องสามารถทริปได้ เมื่อป้อนโหลดที่ 2.8 I_n ภายในเวลาที่สมนัยกับ 2.55 I_n แต่มากกว่า 0.1 วินาที

9.12.13 การทวนสอบวิสัยสามารถการต่อและการตัดกระแสเหลือที่กำหนด ($I_{\Delta m}$)

การทดสอบนี้มีจุดประสงค์เพื่อทวนสอบความสามารถของ RCBO ในการต่อวงจร การนำกระแสไฟฟ้าตามเวลาที่กำหนด และการตัดกระแสเหลือลัดวงจร

9.12.13.1 วิธีทดสอบ

ต้องทดสอบ RCBO ตามภาวะการทดสอบทั่วไปที่กำหนดในข้อ 9.12.1 แต่ให้ต่อในลักษณะที่กระแสไฟฟ้าลัดวงจรเป็นกระแสเหลือ

ให้ทดสอบแต่ละขั้วหมุนเวียนกันยกเว้นขั้วตัดต่อสายกลาง (ถ้ามี) สำหรับจุดประสงค์ของการทดสอบนี้ ต้องไม่ใช้อิมพีแดนซ์ Z_1 โดยให้เปิดวงจรทิ้งไว้

ให้ต่อทางเดินไฟฟ้าซึ่งไม่ได้นำกระแสเหลือลัดวงจรเข้ากับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วต่อสายด้านเข้า

ให้ปิดสวิตช์ช่วย S_1 ตลอดการทดสอบตามข้อนี้

ในกรณีของ RCBO ที่เป็นไปตามข้อ 4.1.2.1 เพื่อให้ทดสอบการทำงานตัดวงจรได้ จึงจำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์ A อยู่ในตำแหน่งที่ทำให้เกิดการลัดวงจรทางด้านโหลดของ RCBO หรือติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมเพื่อให้เกิดการลัดวงจรในตำแหน่งนั้น

ลำดับการทำงานต้องเป็นดังนี้

O-t-CO-t-CO

สำหรับการทำงานตัดวงจร สวิตช์ช่วย A ให้ซิงโครไนซ์กับคลื่นแรงดันไฟฟ้าเพื่อให้จุดเริ่มต้นเกิดที่ (45 ± 5) องศา

ต้องใช้ขั้วเดียวกันสำหรับตัวอย่างที่แตกต่างกัน เพื่อใช้อ้างอิงกันสำหรับจุดประสงค์ของการซิงโครไนซ์

9.12.13.2 การทวนสอบ RCBO ภายหลังการทดสอบการต่อและการตัดกระแสเหลือ

ภายหลังการทดสอบตามข้อ 9.12.13 RCBO D ต้องไม่เสียหายจนมีผลต่อการใช้งานต่อไป และโดยไม่มีการซ่อมบำรุง ต้องสามารถ

- เป็นไปตามข้อกำหนดในข้อ 9.7.3 แต่ที่แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 2 เท่าของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด เป็นเวลา 1 นาที โดยไม่ต้องอบความชื้นก่อน และ
- ต่อและตัดวงจรกระแสไฟฟ้าที่กำหนดที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด

ภายใต้ภาวะในข้อ 9.9.1.2 (3) RCBO ต้องทริปที่กระแสไฟฟ้าทดสอบเท่ากับ 1.25 $I_{\Delta n}$ ให้ทดสอบเพียงครั้งเดียวกับขั้วใดขั้วหนึ่งที่ได้จากการสุ่ม โดยไม่ต้องวัดเวลาตัดวงจร

แผ่นพอลิเอทิลีน ต้องไม่มีรูที่มองเห็นได้ตามปกติหรือเห็นได้ชัดเจนโดยไม่มีการช่วยขยายการมองเห็น

นอกจากนี้ RCBO ที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้าต้องสามารถเป็นไปตามการทดสอบข้อ 9.17 ตามความเหมาะสม

9.13 การทวนสอบความทนการช็อกและแรงกระแทกทางกล

9.13.1 การช็อกทางกล

9.13.1.1 อุปกรณ์ทดสอบ

ให้ทดสอบ RCBO ด้วยการช็อกทางกลโดยใช้เครื่องทดสอบดังแสดงในรูปที่ 11 ซึ่งประกอบด้วยฐานแผ่นไม้ A ติดตั้งบนแท่นคอนกรีต และยึดกับแผ่นไม้ B ด้วยบานพับ แผ่นไม้ C ติดตั้งในแนวตั้งฉากกับแผ่นไม้ B ซึ่งสามารถเปลี่ยนระยะในแนวระดับจากบานพับ และสามารถหมุนเปลี่ยนตำแหน่งที่ตั้งฉากกันได้ ที่ปลายแผ่นไม้ B รองรับด้วยแผ่นหยุดทำด้วยโลหะ (metal stop-plate) D ซึ่งวางอยู่บนสปริงขดที่มีค่าของสปริงเท่ากับ 25 นิวตันต่อมิลลิเมตร

ยึด RCBO เข้ากับแผ่นไม้ C ให้แน่น โดยมีระยะในแนวระดับจากจุดกึ่งกลางของตัวอย่างกับแผ่นไม้ B เท่ากับ 180 มิลลิเมตร เลื่อนแผ่นไม้ C จนกระทั่งระยะด้านหน้าที่ติดตั้งตัวอย่างอยู่ห่างจากบานพับเท่ากับ 200 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 11

ให้ยึดมวลติดกับอีกด้านหนึ่งแผ่นไม้ C ที่ตรงข้ามกับด้านที่ติดตั้ง RCBO เพื่อให้เกิดแรงสถิตบนแผ่นหยุดทำด้วยโลหะ D เท่ากับ 25 นิวตัน และได้โมเมนต์ความเฉื่อยของระบบมีค่าคงที่

9.13.1.2 วิธีทดสอบ

ให้ทดสอบในขณะที่ RCBO อยู่ในตำแหน่งปิดวงจร แต่ไม่ต้องต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า ยกแผ่นไม้ B ที่ปลายอิสระแล้วปล่อยให้ตกลงมาจำนวน 50 ครั้ง จากความสูง 40 มิลลิเมตร ช่วงระหว่างการตกลงมาแต่ละครั้งต้องให้ตัวอย่างหยุดนิ่ง

หลังจากนั้นยึด RCBO เข้ากับอีกด้านหนึ่งของแผ่นไม้ C และปล่อยแผ่นไม้ B ให้ตกลงมาอีก 50 ครั้ง เหมือนกับการทดสอบครั้งแรก

ภายหลังการทดสอบ หมุนแผ่นไม้ C ไป 90 องศารอบแกนแนวดิ่ง ถ้าจำเป็นให้ปรับตำแหน่งจนกระทั่งแกนแนวดิ่งที่สมมาตรกันของ RCBO อยู่ห่างจากบานพับเท่ากับ 200 มิลลิเมตร

ปล่อยแผ่นไม้ B ให้ตกลงมาอีก 50 ครั้งเหมือนการทดสอบครั้งแรกสำหรับ RCBO ที่ยึดกับด้านหนึ่งของแผ่นไม้ C และอีก 50 ครั้ง สำหรับ RCBO ที่ยึดกับอีกด้านหนึ่งของแผ่นไม้ C

ก่อนการเปลี่ยนตำแหน่งแต่ละครั้ง RCBO ต้องสามารถปิดวงจรและเปิดวงจรได้ด้วยมือ

ในระหว่างการทดสอบ RCBO ต้องไม่เปิดวงจรเอง

9.13.2 แรงกระแทกทางกล

การทดสอบให้ทำโดยตรวจสอบกับชิ้นส่วนที่เผยตัวของ RCBO ที่ติดตั้งเหมือนการใช้งานตามปกติ (ดูหมายเหตุของข้อ 8.2) ซึ่งอาจจะได้รับแรงกระแทกทางกลในการใช้งานตามปกติ โดยการทดสอบตามข้อ 9.13.2.1 สำหรับ RCBO ทุกแบบ และให้ทดสอบเพิ่มเติมดังนี้

- ข้อ 9.13.2.2 สำหรับ RCBO ที่มีจุดประสงค์ติดตั้งกับราง
- ข้อ 9.13.2.3 สำหรับ RCBO แบบใช้เสียบ

หมายเหตุ เฉพาะ RCBO ที่มีจุดประสงค์ให้มีเปลือกหุ้มทั้งหมด ไม่ต้องทดสอบตามข้อนี้

9.13.2.1 ให้ทดสอบตัวอย่างด้วยการกระแทกด้วยเครื่องทดสอบการกระแทก ดังแสดงในรูปที่ 12 ถึงรูปที่ 14

หัวกระแทกรูปครึ่งทรงกลมมีรัศมี 10 มิลลิเมตร ทำด้วยสารพอลิแอไมด์ซึ่งมีความแข็งรอกเวลล์ HR100 หัวกระแทกมีมวล (150 ± 1) กรัม ยึดหัวกระแทกอย่างมั่นคงกับปลายด้านล่างของท่อเหล็กกล้าที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 9 มิลลิเมตร และหนา 0.5 มิลลิเมตร ปลายบนสวมอยู่กับเดือย เพื่อให้แกว่งได้ในระนาบดิ่งเท่านั้น

แกนของเดือยหมุนอยู่เหนือแกนของหัวกระแทก (1 000 ± 1) มิลลิเมตร

ในการพิจารณาความแข็งรอกเวลล์ของพอลิแอไมด์ที่ใช้ทำหัวกระแทก ให้ใช้ภาวะที่กำหนดดังนี้

- เส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกลม : (12.7 ± 0.0025) มิลลิเมตร
- โหลดเริ่มต้น (100 ± 2) นิวตัน
- โหลดเกิน (500 ± 2.5) นิวตัน

หมายเหตุ ข้อมูลเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับการพิจารณาความแข็งรอกเวลล์ของพลาสติก ให้เป็นไปตาม ASTM D 785

ในการออกแบบเครื่องทดสอบ ต้องออกแบบให้ใช้แรงระหว่าง 1.9 กับ 2.0 นิวตัน เพื่อดันหน้าหัวกระแทกขึ้นให้แกนท่อเหล็กอยู่ในแนวระดับ

RCBO แบบติดตั้งบนพื้นผิว ให้ติดตั้งกับแผ่นไม้อัดขนาด 175 มิลลิเมตร × 175 มิลลิเมตร และหนา 8 มิลลิเมตร ยึดแผ่นไม้อัดที่ขอบบนและขอบล่างเข้ากับแขนรับน้ำหนัก ซึ่งเป็นส่วนของฐานรองรับ ดังแสดงในรูปที่ 14

ฐานรองรับต้องมีมวล (10 ± 1) กิโลกรัม และต้องติดตั้งอยู่กับโครงรองรับแข็งโดยใช้เดือย ให้ยึดโครงรองรับเข้ากับผนังแข็งอย่างมั่นคง

RCBO แบบติดตั้งแบบฝัง ให้ติดตั้งในอุปกรณ์ทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 15 ซึ่งยึดเข้ากับฐานรองรับอย่างมั่นคง

RCBO แบบติดตั้งกับแผงไฟฟ้า ให้ติดตั้งในอุปกรณ์ทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 16 ซึ่งยึดเข้ากับฐานรองรับอย่างมั่นคง

RCBO แบบใช้เสียบให้ติดตั้งในเต้ารับที่เหมาะสม ซึ่งยึดเข้ากับแผ่นไม้อัดหรืออุปกรณ์ทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 15 หรือรูปที่ 16 ตามความเหมาะสม

RCBO สำหรับติดตั้งกับราง ให้ติดตั้งกับรางที่เหมาะสมซึ่งยึดเข้ากับฐานรองรับอย่างมั่นคง ดังแสดงในรูปที่ 17

การออกแบบของเครื่องทดสอบ ต้องทำให้

- สามารถเลื่อนตัวอย่งในแนวระดับและหมุนรอบแกนที่ตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้อัด
- สามารถหมุนแผ่นไม้อัดรอบแกนแนวดิ่งได้

ติดตั้ง RCBO พร้อมฝาครอบ (ถ้ามี) เหมือนการใช้งานตามปกติ เข้ากับแผ่นไม้อัดหรือในอุปกรณ์ทดสอบที่เหมาะสม จนกระทั่งจุดกระแทกอยู่ในระนาบดิ่งผ่านแกนของเดือยของหัวกระแทก

ทางเข้าสายไฟฟ้าที่ไม่มีช่องกระทุ้งออกให้เปิดช่องทางสายเข้าไว้ ถ้าเป็นแบบกระทุ้งออกให้กระทุ้งออกเปิดไว้ 2 รู

ก่อนการกระแทก ให้ขันหมุดเกลียวยึดฐาน ฝาครอบ และสิ่งอื่นที่คล้ายกัน ด้วยแรงบิด 2 ใน 3 ของค่าที่กำหนดในตารางที่ 12

ให้ปล่อยหัวกระแทกตกจากความสูง 10 เซนติเมตร จากผิวหน้าซึ่งเผยตัวเมื่อติดตั้ง RCBO เหมือนการใช้งานตามปกติ

ความสูงที่ปล่อยตกดังกล่าวเป็นระยะทางในแนวดิ่งระหว่างตำแหน่งของจุดตรวจสอบขณะที่ปล่อยหัวกระแทกกับตำแหน่งของจุดที่หัวกระแทกกระทบกับตัวอย่าง

จุดตรวจสอบคือจุดที่อยู่บนผิวด้านข้างของหัวกระแทก โดยลากเส้นผ่านจุดตัดของแกนของท่อเหล็กของหัวกระแทกกับแกนของหัวกระแทกให้ตั้งฉากกับระนาบของแกนทั้งสองไปบรรจบผิวด้านข้างของหัวกระแทก

หมายเหตุ ในทางทฤษฎี จุดศูนย์ถ่วงของหัวกระแทกจะเป็นจุดตรวจสอบแต่จุดศูนย์ถ่วงพิจารณาได้ยาก จึงเลือกจุดตรวจสอบตามที่กำหนดข้างต้น

แต่ละ RCBO ให้ทดสอบตัวอย่างละ 10 ครั้ง โดยทดสอบกับอุปกรณ์บังคับกลไก 2 ครั้ง และทดสอบกับบริเวณทั่ว ๆ ไปของตัวอย่างที่อาจได้รับการกระแทกโดยกระจายให้สม่ำเสมออีก 8 ครั้ง ไม่ต้องทดสอบบริเวณรูกระทุ้งออกหรือช่องเปิดใด ๆ ที่ครอบไว้ด้วยวัสดุโปร่งใส

โดยทั่วไป ให้ทดสอบที่แต่ละด้านข้างของตัวอย่างภายหลังหมุนไปมากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้แต่ไม่เกิน 60 องศารอบแกนแนวดิ่ง ด้านละ 1 ครั้ง และทดสอบที่ประมาณจุดกึ่งกลางระหว่างจุดกระแทกด้านข้างกับจุดกระแทกอุปกรณ์บังคับกลไก ตำแหน่งละ 2 ครั้ง

จากนั้นให้ทดสอบ 2 ครั้งที่เหลือในลักษณะเดียวกัน ภายหลังหมุนตัวอย่างไป 90 องศารอบแกนที่ตั้งฉากกับแผ่นไม้อัด

ถ้ามีทางเข้าสายไฟฟ้าหรือรูกระทุ้งออก ให้ติดตั้งตัวอย่างในตำแหน่งที่ทำให้แนวกระแทกทั้งสองมีระยะห่างจากช่องเปิดเท่ากันมากที่สุด

การทดสอบกับอุปกรณ์บังคับกลไก 2 ครั้ง ครั้งแรกให้ทดสอบขณะที่อุปกรณ์บังคับกลไกอยู่ในตำแหน่งปิดวงจร และให้ทดสอบอีกครั้งในขณะที่อุปกรณ์บังคับกลไกอยู่ในตำแหน่งเปิดวงจร

ภายหลังการทดสอบ ตัวอย่างต้องไม่เสียหายตามข้อกำหนดของมาตรฐานนี้ โดยเฉพาะฝาครอบซึ่งถ้าแตกแล้วทำให้เข้าถึงส่วนที่มีไฟฟ้าได้ หรือเสียหายจนมีผลต่อการใช้งานต่อไปของ RCBO อุปกรณ์บังคับกลไก วัสดุรองใน (lining) หรือแผ่นกั้นที่ทำด้วยวัสดุฉนวน และอุปกรณ์อื่นที่คล้ายกันต้องไม่เสียหาย

ในกรณีที่มีข้อสงสัย ให้ทวนสอบโดยการถอดและประกอบส่วนภายนอกใหม่ เช่น เปลือกหุ้มและฝาครอบ ชิ้นส่วนเหล่านี้หรือวัสดุรองในต้องไม่มีความเสียหาย

หมายเหตุ ความเสียหายที่เกิดขึ้น รอยบุบเล็ก ๆ ซึ่งไม่ทำให้ระยะห่างในอากาศหรือระยะตามผิวฉนวนลดลงจากค่าที่กำหนดในข้อ 8.1.3 และรอยเล็ก ๆ ซึ่งไม่มีผลต่อการป้องกันช็อกไฟฟ้า ไม่ถือว่าเป็นความเสียหาย

RCBO ที่ออกแบบให้ยึดติดโดยใช้หมุดเกลียวยึดและติดตั้งกับรางให้ทดสอบ RCBO 2 ชุด ชุดแรกให้ทดสอบโดยยึดด้วยหมุดเกลียว และอีกชุดให้ทดสอบโดยติดตั้งกับราง

9.13.2.2 RCBO ที่ออกแบบให้ติดตั้งกับราง ให้ติดตั้งเหมือนการใช้งานตามปกติกับรางที่ยึดไว้กับผนังแข็งแนวดิ่งอย่างมั่นคง แต่ไม่ต้องต่อสายไฟฟ้า และไม่มีฝาครอบหรือแผ่นฝาครอบใด ๆ

ใช้แรงดึงลงโดยไม่มีการกระตุก 50 นิวตัน กระทำที่ผิวหน้าของ RCBO เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นให้ใช้แรงดึงขึ้น 50 นิวตันโดยทันทีเป็นเวลา 1 นาที ดังแสดงในรูปที่ 17

ในระหว่างการทดสอบ RCBO ต้องไม่หลุดหลวม และภายหลังการทดสอบ RCBO ต้องไม่เสียหายจนมีผลต่อการใช้งานต่อไป

9.14 การทดสอบความทนความร้อน

9.14.1 ให้อบตัวอย่างที่ไม่มีฝาครอบที่ถอดออกได้ (ถ้ามี) ในตู้อบที่ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ (100 ± 2) องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และอบฝาครอบที่ถอดออกได้ในตู้อบที่ควบคุมอุณหภูมิที่ได้ (70 ± 2) องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ในระหว่างการทดสอบ ตัวอย่างต้องไม่มีความเปลี่ยนแปลงใด ๆ ที่มีผลเสียหายต่อการใช้งานต่อไป และสารปิดผนึก (ถ้ามี) ต้องไม่ไหลเยิ้มออกมาจนทำให้ส่วนที่มีไฟฟ้าอยู่ในสภาพเผยตัว

ภายหลังการทดสอบและภายหลังที่ปล่อยให้ตัวอย่างเย็นลงจนใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้องต้องไม่สามารถเข้าถึงส่วนที่มีไฟฟ้าซึ่งตามปกติไม่สามารถเข้าถึงได้เมื่อติดตั้งตัวอย่างเหมือนการใช้งานตามปกติ ถึงแม้ว่าจะทดสอบด้วยนิ้วทดสอบมาตรฐานที่ใช้แรงไม่เกิน 5 นิวตัน

ภายใต้ภาวะทดสอบตามข้อ 9.9.1.2 ค) 1) RCBO ต้องทริปที่กระแสไฟฟ้าทดสอบเท่ากับ 1.25 $I_{\Delta n}$ โดยให้ทดสอบเพียงครั้งเดียวที่ขั้วใดขั้วหนึ่งโดยการสุ่ม โดยไม่ต้องวัดเวลาตัดวงจร

ภายหลังการทดสอบ ต้องยังคงเห็นเครื่องหมายได้อย่างชัดเจน

สารปิดผนึกที่มีสีผิดไปจากเดิม เกิดฟอง หรือเกิดการเคลื่อนตัวเพียงเล็กน้อย ไม่ต้องนำมาพิจารณาหากความปลอดภัยไม่เสียไปตามความหมายของมาตรฐานนี้

9.14.2 ชิ้นส่วนภายนอกของ RCBO ที่ทำด้วยวัสดุฉนวนที่จำเป็นใช้ยึดส่วนที่มีกระแสไฟฟ้าหรือชิ้นส่วนของวงจรป้องกันให้อยู่ในตำแหน่ง ให้ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแบบกดด้วยลูกกลมเหล็ก ดังแสดงในรูปที่ 18 ยกเว้นในกรณีที่เกี่ยวข้อง ชิ้นส่วนที่เป็นวัสดุฉนวนที่จำเป็นใช้ยึดขั้วต่อสายของตัวนำป้องกันให้อยู่ในตำแหน่งภายในกล่อง ต้องทดสอบตามข้อ 9.14.3

ให้วางชิ้นส่วนที่ทดสอบบนแท่นรองรับที่ทำด้วยเหล็กมีผิวหน้าอยู่ในแนวระดับ และใช้ลูกกลมเหล็กที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร กดที่ผิวหน้าของชิ้นส่วนที่ทดสอบด้วยแรง 20 นิวตัน

การทดสอบให้อบในตู้อบความร้อนที่ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ (125 ± 2) องศาเซลเซียส

ภายหลัง 1 ชั่วโมง นำลูกเหล็กกลมออกและทำชิ้นส่วนที่ทดสอบให้เย็นลงจนมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้องภายใน 10 วินาทีโดยการจุ่มในน้ำเย็น

วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของรอยกดที่เกิดจากลูกเหล็กกลม เส้นผ่านศูนย์กลางที่วัดได้ต้องไม่เกิน 2 มิลลิเมตร

9.14.3 ชิ้นส่วนภายนอกของ RCBO ที่ทำด้วยวัสดุฉนวนที่ไม่จำเป็นใช้ยึดส่วนที่มีไฟฟ้าหรือชิ้นส่วนของวงจรป้องกันให้อยู่ในตำแหน่งถึงแม้ว่าจะสัมผัสกัน ให้ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแบบกดด้วยลูกกลมเหล็ก ตามที่กำหนดในข้อ 9.14.2 แต่ให้ทดสอบที่อุณหภูมิ (70 ± 2) องศาเซลเซียส หรือที่อุณหภูมิ (40 ± 2) องศาเซลเซียส บวกด้วยอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นสูงสุดที่หาได้จากชิ้นส่วนที่เกี่ยวเนื่องในระหว่างการทดสอบตามข้อ 9.8 แล้วแต่ค่าใดจะมากกว่า

หมายเหตุ สำหรับจุดประสงค์ของการทดสอบตามข้อ 9.14.2 และข้อ 9.14.3 ให้ถือว่าฐานติดตั้งของ RCBO แบบติดตั้งบนพื้นผิว เป็นชิ้นส่วนภายนอก

ชิ้นส่วนที่ทำด้วยเซรามิก ไม่ต้องทดสอบตามข้อ 9.14.2 และข้อ 9.14.3

ถ้ามีชิ้นส่วนวัสดุฉนวนที่กล่าวถึงในข้อ 9.14.2 และข้อ 9.14.3 ที่ทำด้วยวัสดุเดียวกันตั้งแต่ 2 ชิ้นหรือมากกว่า ให้ทดสอบตามข้อ 9.14.2 หรือข้อ 9.14.3 เพียงชิ้นเดียวตามความเหมาะสม

9.15 การทดสอบความทนความร้อนผิดปกติและไฟ

การทดสอบด้วยลวดรุ่งแสง (glow-wire test) ให้เป็นไปตามที่กำหนดใน IEC 60695-2-1 ข้อ 4 ถึงข้อ 10 ภายใต้ภาวะที่กำหนดดังต่อไปนี้

- สำหรับชิ้นส่วนภายนอกของ RCBO ที่ทำด้วยวัสดุฉนวนที่จำเป็นใช้ยึดส่วนที่มีไฟฟ้าหรือชิ้นส่วนของวงจรป้องกันให้อยู่ในตำแหน่ง ให้ทดสอบที่อุณหภูมิ (960 ± 15) องศาเซลเซียส
- สำหรับชิ้นส่วนภายนอกอื่นๆ ทั้งหมดที่ทำด้วยวัสดุฉนวน ให้ทดสอบที่อุณหภูมิ (650 ± 10) องศาเซลเซียส

หมายเหตุ สำหรับจุดประสงค์สำหรับการทดสอบตามข้อนี้ ให้ถือว่าฐานติดตั้งของ RCBO แบบติดตั้งบนพื้นผิว เป็นชิ้นส่วนภายนอก

ถ้ามีชิ้นส่วนวัสดุฉนวนตามกลุ่มข้างต้นทำด้วยวัสดุเดียวกัน ให้ทดสอบเพียงชิ้นเดียวตามอุณหภูมิของการทดสอบลวดรุ่งแสงที่เหมาะสม

ชิ้นส่วนที่ทำด้วยเซรามิก ไม่ต้องทดสอบ

การทดสอบด้วยลวดรุ่งแสง มีวัตถุประสงค์เพื่อให้มั่นใจว่าลวดทดสอบที่ทำให้เกิดความร้อนทางไฟฟ้าภายใต้ภาวะการทดสอบที่กำหนด ไม่เป็นสาเหตุให้เกิดการจุดติดไฟของวัสดุฉนวน หรือเพื่อให้มั่นใจได้ว่าวัสดุฉนวนซึ่งอาจจุดติดไฟได้ด้วยลวดทดสอบที่ทำให้เกิดความร้อนภายใต้ภาวะการทดสอบที่กำหนดนั้น มีขีดจำกัดของเวลาการไหม้โดยไม่มีการแพร่กระจายของไฟด้วยเปลวไฟ หรือชิ้นที่ไหม้ หรือหยดจากชิ้นส่วนที่ทดสอบ

การทดสอบตามข้อนี้ ให้ทดสอบเพียงตัวอย่างเดียว

ในกรณีที่มีข้อสงสัย ให้ทดสอบซ้ำกับตัวอย่างใหม่ 2 ตัวอย่าง

การทดสอบตามข้อนี้ ให้ทดสอบด้วยลวดรุ่งแสงเพียงครั้งเดียว

ในระหว่างการทดสอบ ตัวอย่างต้องอยู่ในตำแหน่งที่ให้ผลเลวที่สุดตามจุดประสงค์ของการใช้งาน (ผิวหน้าที่ทดสอบอยู่ในแนวดิ่ง)

ให้ปลายของลวดรุ่งแสงกระทำกับผิวหน้าที่กำหนดของชิ้นทดสอบ โดยพิจารณาถึงภาวะการใช้งานตามวัตถุประสงค์ ที่ส่วนที่มีความร้อนหรือส่วนที่ติดไฟอาจมาสัมผัสกับตัวอย่าง

ให้ถือว่าตัวอย่างเป็นไปตามข้อกำหนดของการทดสอบด้วยลวดรุ่งแสง ถ้า

- ไม่มีทั้งเปลวไฟที่มองเห็นได้ และไม่มีการรุ่งแสงอย่างต่อเนื่อง
- หรือเปลวไฟและการรุ่งแสงบนตัวอย่าง ดับได้เองภายใน 30 วินาที หลังจากนำลวดรุ่งแสงออก

ต้องไม่มีการจุดติดไฟของกระดาษเนื้อเยื่อหรือการไหม้เกรียมของแผ่นไม้สน

9.16 การทวนสอบการทำงานของอุปกรณ์ทดสอบที่ขีดจำกัดของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด

ก) ให้ป้อนแรงดันไฟฟ้าเข้ากับ RCBO เท่ากับ 0.85 เท่าของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด ให้อุปกรณ์ทดสอบทำงานในขณะนั้นจำนวน 25 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 5 วินาที ก่อนการทำงานแต่ละครั้งให้ปิดวงจรของ RCBO ใหม่

ข) ให้ทดสอบซ้ำตามข้อ ก) ด้วยแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 1.1 เท่าของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด

ค) ให้ทดสอบซ้ำตามข้อ ข) แต่ให้ทดสอบเพียงครั้งเดียว โดยให้อุปกรณ์บังคับกลไกของอุปกรณ์ทดสอบอยู่ในตำแหน่งปิด เป็นเวลา 30 วินาที

แต่ละครั้งของการทดสอบ RCBO ต้องทำงาน ภายหลังการทดสอบต้องไม่มีความเสียหายที่มีผลต่อการใช้งานต่อไป

เพื่อตรวจสอบว่าแอมแปร์-รอบที่เกิดขึ้นของอุปกรณ์ทดสอบน้อยกว่า 2.5 เท่าของแอมแปร์-รอบที่เกิดจากกระแสเหลือเท่ากับ $I_{\Delta n}$ ที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด ให้วัดอิมพีแดนซ์ของวงจรของอุปกรณ์ทดสอบ และคำนวณหากระแสไฟฟ้าทดสอบโดยพิจารณาจากวงจรของอุปกรณ์ทดสอบ

ถ้าการทวนสอบข้างต้นจำเป็นต้องถอดชิ้นส่วนของ RCBO ให้ใช้ตัวอย่างที่แยกต่างหาก

หมายเหตุ ให้ถือว่าการทดสอบตามข้อ 9.10 ครอบคลุมเรื่องการทวนสอบความทนทานการใช้งานของอุปกรณ์ทดสอบ

9.17 การทวนสอบการทำงานของ RCBO ที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้า ตามประเภทที่แบ่งในข้อ 4.1.2.1 ในกรณีที่แรงดันไฟฟ้าล้มเหลว

หมายเหตุ ไม่ต้องทวนสอบค่า U_y (ดูข้อ 3.4.23.2)

9.17.1 การหาค่าของขีดจำกัดของแรงดันไฟฟ้า (U_x)

ให้ป้อนแรงดันไฟฟ้าที่เท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดเข้ากับขั้วต่อสายด้านเข้าของ RCBO หลังจากนั้นให้ปรับแรงดันไฟฟ้าให้ลดลงจนเท่ากับ 0 ภายในช่วงเวลาประมาณ 30 วินาที หรือภายในช่วงเวลาที่นานพอเมื่อเทียบกับการเปิดวงจรที่มีการหน่วงเวลา (ถ้ามี) (ดูข้อ 8.12) แล้วแต่ค่าใดจะมากกว่าจนกระทั่งเกิดการเปิดวงจรอย่างอัตโนมัติ

ให้วัดแรงดันไฟฟ้าที่เกิดการเปิดวงจรอย่างอัตโนมัติ จำนวน 5 ครั้ง

ทุกค่าที่วัดได้ต้องน้อยกว่า 0.85 เท่าของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด (หรือ 0.85 เท่าของค่าต่ำสุดของพิสัยแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด)

หลังจากสิ้นสุดการวัดครั้งสุดท้าย ให้ทวนสอบการทำงานของ RCBO ว่าเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 2 ในกรณีที่มีแรงดันไฟฟ้าตก โดยให้กระแสเหลือเท่ากับ $I_{\Delta n}$ และป้อนแรงดันไฟฟ้าซึ่งมีค่าพอดีสูงกว่าค่าสูงสุดที่วัดได้ที่ทำให้ RCBO เปิดวงจร

หลังจากนั้น ต้องตรวจสอบว่าที่ค่าใด ๆ ของแรงดันไฟฟ้าที่น้อยกว่าค่าต่ำสุดที่วัดได้ในการทดสอบข้างต้น ต้องไม่สามารถปิด RCBO โดยอุปกรณ์บังคับกลไกด้วยมือ

9.17.2 การทวนสอบการเปิดวงจรอย่างอัตโนมัติในกรณีที่แรงดันไฟฟ้าล้มเหลว

ให้ป้อนแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดเข้ากับด้านเข้าของ RCBO (หรือแรงดันไฟฟ้าที่มีค่าภายในพิสัยของแรงดันไฟฟ้าที่) และปิดวงจร

หลังจากนั้นให้เปิดวงจรของแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า

ให้วัดช่วงเวลาระหว่างการเปิดวงจรกับการเปิดวงจรของหน้าสัมผัสหลัก

ให้ทำการวัดจำนวน 5 ครั้ง ดังนี้

ก) RCBO ที่เปิดวงจรโดยไม่มีการหน่วงเวลา ค่าที่วัดได้ต้องไม่เกิน 0.5 วินาที

ข) RCBO ที่เปิดวงจรโดยมีการหน่วงเวลา ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดที่วัดได้ต้องอยู่ภายในพิสัยที่ผู้ทำระบุ

9.17.3 การทวนสอบความถูกต้องของการทำงานในขณะที่มีกระแสเหลือ สำหรับ RCBO ที่เปิดวงจรโดยมีการหน่วงเวลา ในกรณีที่แรงดันไฟฟ้าล้มเหลว

ต่อ RCBO เข้ากับวงจรทดสอบตามรูปที่ 4ก และป้อนแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดเข้ากับด้านเข้า (หรือแรงดันไฟฟ้าใด ๆ ที่มีค่าภายในพิสัยของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด)

หลังจากนั้นให้เปิดวงจรทุกเฟสยกเว้นหนึ่งเฟสด้วยสวิตช์ S_3

ในระหว่างการหน่วงเวลา (ดูตารางที่ 9) ที่ผู้ทำระบุ ให้ทดสอบ RCBO ตามข้อ 9.9.1.2 ก่อนการวัดแต่ละครั้ง ต้องมีการปิดและเปิดสวิตช์ S_3 ในเวลาต่อมา

หมายเหตุ การทดสอบตามข้อ 9.9.1.2 ก) ให้ทดสอบกับการหน่วงเวลาที่มากกว่า 30 วินาทีเท่านั้น

9.17.4 การทวนสอบความถูกต้องของการทำงานของ RCBO ที่มีทางเดินไฟฟ้า 3 ทางหรือ 4 ทาง ในขณะที่มีกระแสเหลือ ให้กำลังเฉพาะขั้วต่อสายกลาง และขั้วต่อสายด้านเข้าขั้วใดขั้วหนึ่งเท่านั้น

ในกรณีของ RCBO ที่มีทางเดินไฟฟ้า 3 ทางหรือ 4 ทาง (ดูข้อ 4.3) ให้ทดสอบตามข้อ 9.9.1.2 ค) แต่ให้กำลังเฉพาะขั้วต่อสายกลางและขั้วต่อสายด้านเข้าขั้วใดขั้วหนึ่งเท่านั้น การต่อวงจรทดสอบให้เป็นไปตามรูปที่ 4ก

ให้ทำการทดสอบซ้ำ โดยหมุนเวียนกันไปทุกขั้วต่อสาย

9.18 การทวนสอบขีดจำกัดค่าของกระแสเกินในกรณีที่โหลดเฟสเดียวไหลผ่าน RCBO แบบ 3 ขั้วหรือแบบ 4 ขั้ว

หมายเหตุ สำหรับ RCBO ที่มีการตั้งได้หลายค่า ให้ทดสอบที่การตั้งค่าต่ำสุด

ให้ต่อ RCBO เข้ากับวงจรทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 19 สวิตช์ S_1 อยู่ในตำแหน่งเปิด

ปรับค่าความต้านทาน R จนได้กระแสไฟฟ้าเท่ากับ 0.8 เท่าของขีดจำกัดล่างของพิสัยการทริปกระแสเกินแบบทันทีทันใด ซึ่งเป็นไปตามแบบ B C หรือ D ตามความเหมาะสม

หมายเหตุ สำหรับจุดประสงค์ของการปรับกระแสไฟฟ้าตามข้อนี้ ให้แทนที่ RCBO โดยการต่อด้วยอิมพีแดนซ์ที่มีค่าน้อยมาก

สวิตช์ S_1 เริ่มต้นที่ตำแหน่งเปิด ให้ปิดและเปิดใหม่ภายหลัง 1 วินาที

ให้ทดสอบซ้ำจำนวน 3 ครั้ง สำหรับแต่ละคู่ของทางเดินไฟฟ้าที่เป็นไปได้ ช่วงเวลาระหว่างการทำงานปิด 2 ครั้งที่ต่อเนื่องกัน ต้องไม่น้อยกว่า 1 นาที

RCBO ต้องไม่เปิดวงจร

RCBO ที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้า ให้ป้อนแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดเข้ากับด้านเข้า (หรือแรงดันไฟฟ้าใด ๆ ที่มีค่าอยู่ภายในพิสัยของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด)

9.19 การทวนสอบการทำงานของ RCBO ในกรณีของกระแสเสิร์จที่เกิดจากแรงดันอิมพัลส์

9.19.1 กระแสเสิร์จทดสอบสำหรับ RCBO ทุกประเภท (คลื่นแกว่งหน่วง 0.5 ไมโครวินาทีต่อ 100 กิโลเฮิรตซ์)

ให้ทดสอบ RCBO ด้วยเครื่องกำเนิดเสิร์จที่สามารถทำให้เกิดคลื่นกระแสไฟฟ้าแกว่งหน่วง (damped oscillator current) ดังแสดงในรูปที่ 23 ตัวอย่างแผนภาพวงจรสำหรับการต่อ RCBO ดังแสดงในรูปที่ 24

เลือกสุ่มขั้วหนึ่งของ RCBO ให้ทดสอบด้วยกระแสเสิร์จจำนวน 10 ครั้ง ให้กลับขั้วของคลื่นเสิร์จภายหลังทุกการทดสอบ 2 ครั้ง ช่วงเวลาระหว่างการทดสอบ 2 ครั้งที่ติดกันต้องมีค่าประมาณ 30 วินาที

ให้วัดกระแสอิมพัลส์ด้วยวิธีที่เหมาะสม และปรับโดยใช้ RCBO เพิ่มเติมที่เป็นแบบเดียวกัน มี I_n และ $I_{\Delta n}$ เท่ากัน เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดดังนี้

- ค่ายอด 200 แอมแปร์ $^{+10}_{0}$ % หรือ
  25 แอมแปร์ $^{+10}_{0}$ % สำหรับ RCBO ที่มี $I_{\Delta n} \leq 10$ มิลลิแอมแปร์
- เวลาหน้าคลื่น 0.5 ไมโครวินาที ± 30 %
- ช่วงเวลาของคลื่นที่แกว่งถัดมา 10 ไมโครวินาที ± 20 %
- แต่ละค่ายอดที่ต่อเนื่องกันมา ประมาณ 60 % ของค่ายอดที่อยู่ก่อนหน้า

ในระหว่างการทดสอบ RCBO ต้องไม่ทริป ภายหลังการทดสอบด้วยคลื่นแกว่งหน่วง ให้ทวนสอบความถูกต้องของการทำงานของ RCBO ตามข้อ 9.9.1.2 ค) โดยให้วัดเวลาทริปที่ $I_{\Delta n}$ เท่านั้น

9.19.2 การทวนสอบการทำงานที่กระแสเสิร์จไม่เกิน 3 000 แอมแปร์ (กระแสเสิร์จทดสอบ 8/20 ไมโครวินาที)

9.19.2.1 ภาวะทดสอบ

ให้ทดสอบ RCBO ด้วยเครื่องกำเนิดเสิร์จที่สามารถทำให้เกิดอิมพัลส์กระแสเสิร์จ 8/20 ไมโครวินาที (IEC 60060-2) ดังแสดงในรูปที่ 25 ตัวอย่างแผนภาพวงจรทดสอบสำหรับการต่อ RCBO ดังแสดงในรูปที่ 26

เลือกสุ่มขั้วหนึ่งของ RCBO ให้ทดสอบด้วยกระแสเสิร์จจำนวน 10 ครั้ง ให้กลับขั้วของคลื่นกระแสเสิร์จทุกการทดสอบ 2 ครั้ง ช่วงเวลาระหว่างการทดสอบ 2 ครั้งที่ติดกันต้องมีค่าประมาณ 30 วินาที

ให้วัดกระแสอิมพัลส์ด้วยวิธีที่เหมาะสม และปรับโดยใช้ RCBO เพิ่มเติมที่เป็นแบบเดียวกัน มี I_n และ $I_{\Delta n}$ เท่ากัน เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนด ดังนี้

- ค่ายอด 3 000 แอมแปร์ $^{+10}_{0}$ %
- เวลาหน้าคลื่น 8 ไมโครวินาที ± 20 %

- เวลาที่มีค่าครึ่งคลื่น 20 ไมโครวินาที ± 20 %
- ค่ายอดของกระแสย้อนกลับ น้อยกว่า 30 % ของค่ายอด

ให้ปรับกระแสไฟฟ้าจนมีรูปร่างที่ไม่สมมาตรกัน สำหรับการทดสอบกับตัวอย่างอื่นที่เป็นแบบเดียวกัน มี I_n และ $I_{\Delta n}$ เท่ากัน กระแสย้อนกลับ (ถ้ามี) ต้องไม่เกินร้อยละ 30 ของค่ายอด

9.19.2.2 ผลทดสอบสำหรับ RCBO แบบ S

ในระหว่างการทดสอบ RCBO ต้องไม่ทริป

ภายหลังการทดสอบด้วยกระแสเสิร์จ ให้ทวนสอบความถูกต้องของการทำงานของ RCBO ตามข้อ 9.9.1.2 ค) โดยให้วัดเวลาตัดวงจรที่ $I_{\Delta n}$ เท่านั้น

9.19.2.3 ผลการทดสอบสำหรับ RCBO แบบทั่วไป

ในระหว่างการทดสอบ RCBO อาจจะทริป ภายหลังการทริปใด ๆ ต้องต่อวงจรกลับเข้าไปใหม่

ภายหลังการทดสอบด้วยกระแสเสิร์จ ให้ทวนสอบความถูกต้องของการทำงานของ RCBO ตามข้อ 9.9.1.2 ค) โดยให้วัดเวลาตัดวงจร ที่ $I_{\Delta n}$ เท่านั้น

9.20 การทวนสอบความทนของฉนวนต่อแรงดันอิมพัลส์

ให้ทดสอบ RCBO ที่ยึดอย่างมั่นคงกับแท่นรองรับโลหะ ต่อสายเหมือนการใช้งานตามปกติ และอยู่ในตำแหน่งปิด

อิมพัลส์บวกและลบ ที่ได้จากเครื่องกำเนิดอิมพัลส์ มีเวลาด้านหน้า 1.2 ไมโครวินาที และเวลาที่มีค่าครึ่งคลื่น 50 ไมโครวินาที มีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ดังนี้

- ± ร้อยละ 5 สำหรับค่ายอด
- ± ร้อยละ 30 สำหรับเวลาหน้าคลื่น
- ± ร้อยละ 20 สำหรับเวลาที่มีค่าครึ่งคลื่น

อนุกรมที่ 1 ของการทดสอบ ให้ทดสอบด้วยแรงดันอิมพัลส์ 6 กิโลโวลต์ค่ายอด โดยให้ป้อนอิมพัลส์ระหว่างขั้วเฟสที่ต่อเข้าด้วยกัน กับขั้วสายกลาง (หรือทางเดิน) ของ RCBO

อนุกรมที่ 2 ของการทดสอบ ให้ทดสอบด้วยแรงดันอิมพัลส์ 8 กิโลโวลต์ค่ายอด โดยให้ป้อนอิมพัลส์ระหว่างแท่นรองรับโลหะที่ต่อเข้ากับขั้วต่อสายที่มีจุดประสงค์สำหรับตัวนำป้องกัน (ถ้ามี) กับขั้วเฟสและขั้วสายกลาง (หรือทางเดิน) ที่ต่อเข้าด้วยกัน

หมายเหตุ 1. อิมพีแดนซ์ของเสิร์จของเครื่องทดสอบ ต้องเท่ากับ 500 โอห์ม

หมายเหตุ 2. ค่า 6 กิโลโวลต์ และ 8 กิโลโวลต์ เป็นค่าที่เผื่อไว้

ในทั้ง 2 กรณี ให้ป้อนอิมพัลส์บวก 5 ครั้ง และอิมพัลส์ลบ 5 ครั้ง ช่วงเวลาระหว่างอิมพัลส์ที่ต่อเนื่องกันต้องไม่น้อยกว่า 10 วินาที

ต้องไม่เกิดการปล่อยประจุทำลายที่ไม่เจตนา (unintentional disruptive discharge)

อย่างไรก็ตาม ถ้าเกิดการปล่อยประจุทำลาย 1 ครั้ง ให้ทดสอบเพิ่มเติมอีก 10 ครั้ง ด้วยอิมพัลส์ที่มีสภาพขั้วเดียวกันกับที่ทำให้เกิดการปล่อยประจุทำลาย การต่อให้เหมือนกับการต่อที่เกิดความล้มเหลวขึ้น

ต้องไม่เกิดการปล่อยประจุทำลายอีก

หมายเหตุ 3. คำว่า "การปล่อยประจุทำลายที่ไม่เจตนา" ใช้ครอบคลุมถึงปรากฏการณ์ของการล้มเหลวของฉนวนภายใต้ความเค้นทางไฟฟ้า ซึ่งรวมทั้งการลดลงของแรงดันไฟฟ้า และการไหลผ่านของกระแสไฟฟ้า

หมายเหตุ 4. การปล่อยประจุที่เจตนา ครอบคลุมถึงการปล่อยประจุที่เกิดจากการร่วมกันของกับดักเสิร์จใด ๆ

ให้ปรับรูปร่างของอิมพัลส์ขณะที่ RCBO ที่ทดสอบต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดอิมพัลส์ สำหรับจุดประสงค์นี้ต้องใช้ตัวแบ่งแรงดันไฟฟ้าและตัวรับรู้แรงดันไฟฟ้า

ยอมให้เกิดการแกว่งในอิมพัลส์ได้เล็กน้อย ถ้าหากแอมพลิจูดของการแกว่งใกล้ค่ายอดของอิมพัลส์มีค่าน้อยกว่าร้อยละ 5 ของค่ายอด

ยอมให้มีการแกว่งที่ครึ่งแรกของด้านหน้า ที่มีแอมพลิจูดของการแกว่งไม่เกินร้อยละ 10 ของค่ายอด

9.21 การทวนสอบความถูกต้องของการทำงานที่กระแสเหลือที่มีองค์ประกอบไฟฟ้ากระแสตรง

ให้ใช้ภาวะทดสอบตามข้อ 9.9.1.1 และข้อ 9.9.1.5 ยกเว้นวงจรทดสอบต้องเป็นไปตามรูปที่ 4ข หรือรูปที่ 4ค ตามความเหมาะสม

9.21.1 อุปกรณ์ตัดวงจรกระแสเหลือ แบบ A

9.21.1.1 การทวนสอบความถูกต้องของการทำงาน ในกรณีการเพิ่มต่อเนื่องของกระแสไฟฟ้าตรงพัลส์ต่อเนื่องเหลือ

การทดสอบต้องเป็นไปตามรูปที่ 4ข

สวิตช์ช่วย S_1 และ S_2 และ RCBO D ต้องอยู่ในตำแหน่งปิด ควบคุมไทริสเตอร์ที่เกี่ยวเนื่องเพื่อให้ได้ลักษณะของมุมประวิงกระแส α เท่ากับ 0 องศา 90 องศา และ 135 องศา แต่ละขั้วของ RCBO ต้องทดสอบ 2 ครั้งที่มุมประวิงกระแสแต่ละมุม ขณะที่สวิตช์ช่วย S_3 อยู่ในตำแหน่ง I และตำแหน่ง II

การทดสอบทุกครั้ง ให้เพิ่มกระแสไฟฟ้าอย่างสม่ำเสมอด้วยอัตราส่วนประมาณ 1.4 $I_{\Delta n}/30$ แอมแปร์ต่อวินาที สำหรับ RCBO ที่มี $I_{\Delta n} > 0.01$ แอมแปร์ และด้วยอัตราส่วนประมาณ 2 $I_{\Delta n}/30$ แอมแปร์ต่อวินาที สำหรับ RCBO ที่มี $I_{\Delta n} \leq 0.01$ แอมแปร์ โดยให้เริ่มต้นจาก 0 กระแสไฟฟ้าทริป (และเวลาตัดวงจรที่เกี่ยวเนื่อง) ต้องเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 22

ตารางที่ 22 พิสัยของกระแสไฟฟ้าทริปสำหรับ RCBO แบบ A
(ข้อ 9.21.1.1)

มุม α	กระแสไฟฟ้าทริป A	
	ขีดจำกัดล่าง	ขีดจำกัดบน
0°	0.35 $I_{\Delta n}$	1.4 $I_{\Delta n}$ หรือ 2 $I_{\Delta n}$ (ตามข้อ 5.3.8)
90°	0.25 $I_{\Delta n}$	
135°	0.11 $I_{\Delta n}$	

9.21.1.2 การทวนสอบความถูกต้องของการทำงาน ในกรณีที่กระแสไฟฟ้าตรงพัลส์ต่อเนื่องเหลือเกิดขึ้นทันที

การทดสอบให้เป็นไปตามรูปที่ 4ข

ให้สอบเทียบวงจรที่ค่าที่กำหนดดังต่อไปนี้ และสวิตช์ช่วย S_1 และ RCBO อยู่ในตำแหน่งปิด ทำให้เกิดกระแสเหลือทันทีด้วยการปิดสวิตช์ช่วย S_2

หมายเหตุ ในกรณีของ RCBO ที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้าตามการแบ่งประเภทในข้อ 4.1.2.2 ก) วงจรควบคุมได้รับแรงดันไฟฟ้าจากด้านเข้าของวงจรประธาน การทวนสอบนี้ไม่รวมเวลาที่จำเป็นสำหรับการป้อนทางไฟฟ้าให้ RCBO ในกรณีนี้ การทวนสอบให้พิจารณาโดยให้สวิตช์ช่วย S_2 และ RCBO อยู่ในตำแหน่งปิด ทำให้เกิดกระแสเหลือทันทีด้วยการปิดสวิตช์ช่วย S_1

ให้ทดสอบที่แต่ละค่าของกระแสเหลือตามที่กำหนดในตารางที่ 2 ตามแบบของ RCBO

ให้วัดเวลาตัดวงจร 2 ครั้ง ที่ค่ากระแสเหลือเท่ากับ $I_{\Delta n}$ คูณด้วย 1.4 สำหรับ RCBO ที่มี $I_{\Delta n} > 0.01$ แอมแปร์ และคูณด้วย 2 สำหรับ RCBO ที่มี $I_{\Delta n} \leq 0.01$ แอมแปร์ ที่มุมประวิงกระแส $\alpha = 0$ องศา ขณะที่สวิตช์ช่วย S_3 อยู่ในตำแหน่ง I สำหรับการวัดครั้งแรก และอยู่ในตำแหน่ง II สำหรับการวัดครั้งที่สอง

ต้องไม่มีค่าเกินค่าขีดจำกัดที่กำหนด

9.21.1.3 การทวนสอบความถูกต้องของการทำงานขณะมีโหลดที่อุณหภูมิอ้างอิง

ให้ทดสอบซ้ำตามข้อ 9.21.1.1 ขั้วที่ทดสอบและขั้วอื่นอีกหนึ่งขั้วของ RCBO ให้ป้อนโหลดด้วยกระแสไฟฟ้าที่กำหนด เป็นเวลาสั้นก่อนการทดสอบ

หมายเหตุ การป้อนโหลดด้วยกระแสไฟฟ้าที่กำหนด ไม่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4ข

9.21.1.4 การทวนสอบความถูกต้องของการทำงาน ในกรณีที่กระแสไฟฟ้าตรงพัลส์ต่อเนื่องเหลือพร้อมด้วยกระแสไฟฟ้าตรงเรียบเท่ากับ 0.006 แอมแปร์

การทดสอบให้เป็นไปตามรูปที่ 4ค ที่กระแสเหลือเร็กติไฟรูปครึ่งคลื่น (มุมประวิงกระแส $\alpha = 0$ องศา) พร้อมด้วยกระแสไฟฟ้าตรงเรียบเท่ากับ 0.006 แอมแปร์

ให้ทดสอบแต่ละขั้วของ RCBO หมุนเวียนกันไป จำนวนขั้วละ 2 ครั้งที่แต่ละตำแหน่ง I และ II

กระแสไฟฟ้ารูปครึ่งคลื่น I_1 ให้เริ่มต้นจาก 0 แล้วเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอด้วยอัตราประมาณ 1.4 $I_{\Delta n}/30$ แอมแปร์ต่อวินาที สำหรับ RCBO ที่มี $I_{\Delta n} > 0.01$ แอมแปร์ และ 2 $I_{\Delta n}/30$ แอมแปร์ต่อวินาที สำหรับ RCBO ที่มี $I_{\Delta n} \leq 0.01$ แอมแปร์ อุปกรณ์ต้องทริปก่อนกระแสไฟฟ้านี้มีค่าเกิน 1.4 $I_{\Delta n}$ + 6 มิลลิแอมแปร์ หรือ 2 $I_{\Delta n}$ + 6 มิลลิแอมแปร์ ตามลำดับ

9.22 การทวนสอบความเชื่อถือได้

การตรวจสอบให้เป็นไปตามข้อ 9.22.1 และข้อ 9.22.2

สำหรับ RCBO ที่มีการตั้งค่าได้หลายค่า ให้ทดสอบที่การตั้งค่าต่ำสุด

9.22.1 การทดสอบความทนสภาพอากาศ

การทดสอบให้เป็นไปตาม IEC 60068-2-30 และ IEC 60068-2-28

9.22.1.1 ตู้อบทดสอบ

ตู้อบต้องเป็นไปตามที่กำหนดใน IEC 60068-2-30 ข้อ 3 น้ำที่เกิดจากการควบแน่นต้องปล่อยออกจากตู้อบอย่างต่อเนื่อง และต้องไม่นำมาใช้อีกจนกว่าจะทำให้บริสุทธิ์ก่อน ให้ใช้เฉพาะน้ำกลั่นเท่านั้นสำหรับการบำรุงรักษาตู้อบความชื้น

ก่อนนำเข้าไปในตู้อบ น้ำกลั่นต้องมีค่าความต้านทานจำเพาะไม่น้อยกว่า 500 โอห์มเมตร และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 7.0 ± 0.2 ในระหว่างและภายหลังการทดสอบ ค่าความต้านทานจำเพาะต้องไม่น้อยกว่า 100 โอห์มเมตร และค่า pH ยังคงอยู่ภายใน 7.0 ± 1.0

9.22.1.2 ภาวะรุนแรง

วัฏจักรที่ให้ผลภายใต้ภาวะต่อไปนี้

- อุณหภูมิด้านสูง : (55 ± 2) องศาเซลเซียส
- จำนวนวัฏจักร : 28

9.22.1.3 วิธีทดสอบ

วิธีทดสอบ ให้เป็นไปตาม IEC 60068-2-30 ข้อ 4 และ IEC 60068-2-28

ก) การทวนสอบเบื้องต้น

ให้ทวนสอบเบื้องต้น โดยการทดสอบ RCBO ตามข้อ 9.9.1.2 8) ที่ $I_{\Delta n}$ เท่านั้น

ข) การปรับภาวะ

1) ติดตั้ง RCBO และต่อสายเหมือนการใช้งานตามปกติ และนำไปไว้ในตู้อบโดยให้อยู่ในตำแหน่งปิด

2) คาบเวลาคงตัว (ดูรูปที่ 20)

อุณหภูมิของ RCBO ต้องคงตัวที่ (37 ± 3) องศาเซลเซียส

ก) โดยการวาง RCBO ไว้ในตู้อบที่แยกต่างหากก่อนนำไปไว้ในตู้อบทดสอบ หรือ

ข) โดยการปรับอุณหภูมิของตู้อบทดสอบให้เท่ากับ (37 ± 3) องศาเซลเซียส ภายหลังนำ RCBO ไปไว้ในตู้อบทดสอบ และรักษาอุณหภูมิไว้ที่ระดับนี้จนอุณหภูมิคงตัว

ในระหว่างการทำอุณหภูมิให้คงตัวทั้งสองวิธี ความชื้นสัมพัทธ์ต้องมีค่าอยู่ภายในขีดจำกัดที่กำหนดของภาวะบรรยากาศมาตรฐานสำหรับการทดสอบ (ดูตารางที่ 4)

ในระหว่างชั่วโมงสุดท้าย ขณะที่ RCBO อยู่ในตู้อบทดสอบ ความชื้นสัมพัทธ์ต้องเพิ่มขึ้นจนมีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ที่อุณหภูมิโดยรอบเท่ากับ (37 ± 3) องศาเซลเซียส

3) ข้อกำหนดของวัฏจักร 24 ชั่วโมง (ดูรูปที่ 21)

ก) อุณหภูมิของตู้อบ ต้องเพิ่มขึ้นจนถึงค่าอุณหภูมิด้านสูงตามที่กำหนดในข้อ 9.22.1.2 ภายในช่วงเวลา 3 ชั่วโมง ± 30 นาที ด้วยอัตราภายในขีดจำกัดที่กำหนดโดยพื้นที่แลเงา ในรูปที่ 21

ในระหว่างคาบเวลานี้ ความชื้นสัมพัทธ์ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 การควบแน่นต้องเกิดขึ้นบน RCBO

หมายเหตุ ภาวะที่ต้องเกิดการควบแน่นแสดงว่าอุณหภูมิที่ผิวหน้าของ RCBO ต่ำกว่าจุดน้ำค้างของบรรยากาศ หมายความว่าความชื้นสัมพัทธ์ต้องมีค่าสูงกว่าร้อยละ 95 ถ้าค่าคง

ตัวเวลาของความร้อน (thermal time-constant) มีค่าต่ำ ต้องระวังไม่ให้มีหยดน้ำที่เกิดจากการควบแน่นตกลงบนตัวอย่าง

ข) ต้องรักษาอุณหภูมิไว้ให้คงที่ภายในขีดจำกัดที่กำหนด ± 2 องศาเซลเซียส สำหรับค่าอุณหภูมิด้านสูง เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ± 30 นาทีจากจุดเริ่มต้นของวัฏจักร

ในระหว่างคาบเวลานี้ ความชื้นสัมพัทธ์ต้องมีค่าเท่ากับร้อยละ 93 ± 3 ยกเว้นสำหรับ 15 นาทีแรก และ 15 นาทีสุดท้าย ซึ่งอาจจะมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 90 กับร้อยละ 100

ต้องไม่มีการควบแน่นเกิดขึ้นบน RCBO ในระหว่างช่วงเวลา 15 นาทีสุดท้าย

ค) ลดอุณหภูมิจนถึง (37 ± 3) องศาเซลเซียส ภายในเวลา 3 ชั่วโมงถึง 6 ชั่วโมง

อัตราการลดลงสำหรับ 1 ชั่วโมง 30 นาทีแรก ต้องมีอัตราในลักษณะที่หากรักษาไว้ดังแสดงในรูปที่ 21 จะถึงอุณหภูมิที่ (37 ± 3) องศาเซลเซียส ภายในเวลา 3 ชั่วโมง ± 15 นาที

ในระหว่างคาบเวลาที่อุณหภูมิลดลง ความชื้นสัมพัทธ์ต้องมีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ยกเว้นสำหรับ 15 นาทีแรกต้องมีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ 90

ง) ต้องรักษาอุณหภูมิไว้ที่ (37 ± 3) องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 จนกระทั่งครบวัฏจักร 24 ชั่วโมง

9.22.1.4 การคืนตัว

เมื่อสิ้นสุดวัฏจักรสุดท้าย ไม่ต้องนำ RCBO ออกจากตู้อบทดสอบ

ให้เปิดประตูของตู้อบทดสอบ และหยุดการปรับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

ปล่อยให้อุณหภูมิและความชื้นคืนสู่ภาวะโดยรอบ เป็นเวลา 4 ชั่วโมงถึง 6 ชั่วโมง ก่อนวัดครั้งสุดท้าย

ในระหว่าง 28 วัฏจักร RCBO ต้องไม่ทริป

9.22.1.5 การทวนสอบครั้งสุดท้าย

ภายใต้ภาวะการทดสอบตามข้อ 9.9.1.2 ค) 1) RCBO ต้องทริปที่กระแสไฟฟ้าทดสอบเท่ากับ 1.25 $I_{\Delta n}$ ให้ทดสอบเพียงครั้งเดียวกับขั้วใดขั้วหนึ่งโดยการสุ่มและไม่ต้องวัดเวลาตัดวงจร

9.22.2 การทดสอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

ติดตั้ง RCBO เหมือนการใช้งานตามปกติกับผนังไม้อัดทาสีดำด้าน ที่มีความหนาประมาณ 20 มิลลิเมตร

ใช้สายไฟฟ้าแกนเดี่ยวยาว 1 เมตร และมีพื้นที่หน้าตัดระบุตามที่กำหนดในตารางที่ 6 ต่อเข้ากับแต่ละขั้วของ RCBO ทั้ง 2 ด้าน ขันหมุดเกลียวขั้วต่อสายหรือแป้นเกลียวให้แน่นด้วยแรงบิดเท่ากับ 2 ใน 3 ของค่าที่กำหนดในตารางที่ 12 หลังจากนั้นให้นำไปวางไว้ในตู้อบความร้อน

ให้ป้อนโหลดที่มีกระแสไฟฟ้าเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่กำหนดที่แรงดันไฟฟ้าใด ๆ ให้ทดสอบที่อุณหภูมิ (40 ± 2) องศาเซลเซียส จำนวน 28 วัฏจักร แต่ละวัฏจักรประกอบด้วยช่วงเวลาที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน 21 ชั่วโมง และช่วงเวลาที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน 3 ชั่วโมง ให้ใช้สวิตช์ช่วยตัดกระแสไฟฟ้าทดสอบโดย RCBO ต้องไม่ทำงาน

RCBO แบบ 4 ขั้วที่มีขั้วป้องกันกระแสเกิน 3 ขั้ว ให้ป้อนโหลดเฉพาะขั้วป้องกันกระแสเกิน 3 ขั้ว เท่านั้น

RCBO แบบ 4 ขั้วที่มีขั้วป้องกันกระแสเกิน 4 ขั้ว ให้ป้อนโหลดเฉพาะ 3 ขั้ว เท่านั้น

เมื่อสิ้นสุดคาบเวลาสุดท้ายของ 21 ชั่วโมงที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นที่ขั้วต่อสายซึ่งวัดด้วยเทอร์มอคับเปิลชนิดลวดละเอียด ต้องไม่เกิน 65 เคลวิน

ภายหลังการทดสอบตามข้อนี้ ปล่อยให้ RCBO ที่อยู่ในตู้อบเย็นลงจนมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้องโดยไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

ภายใต้ภาวะการทดสอบตามข้อ 9.9.1.2 ค) 1) RCBO ต้องทริปที่กระแสไฟฟ้าทดสอบเท่ากับ 1.25 $I_{\Delta n}$ ให้ทดสอบเพียงครั้งเดียวกับขั้วใดขั้วหนึ่งโดยการสุ่มและไม่ต้องวัดเวลาตัดวงจร

9.23 การทวนสอบการเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งานของส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์

หมายเหตุ 1. การปรับปรุงแก้ไขการทดสอบนี้ อยู่ระหว่างการพิจารณา

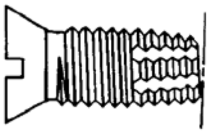
ให้วาง RCBO ในที่ที่มีอุณหภูมิโดยรอบ (40 ± 2) องศาเซลเซียส เป็นเวลา 168 ชั่วโมง และป้อนโหลดด้วยกระแสไฟฟ้าที่กำหนด แรงดันไฟฟ้าของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ต้องเท่ากับ 1.1 เท่าของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด

ภายหลังการทดสอบตามข้อนี้ ปล่อยให้ RCBO ที่อยู่ในตู้อบเย็นลงจนมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง โดยไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ต้องไม่เสียหาย

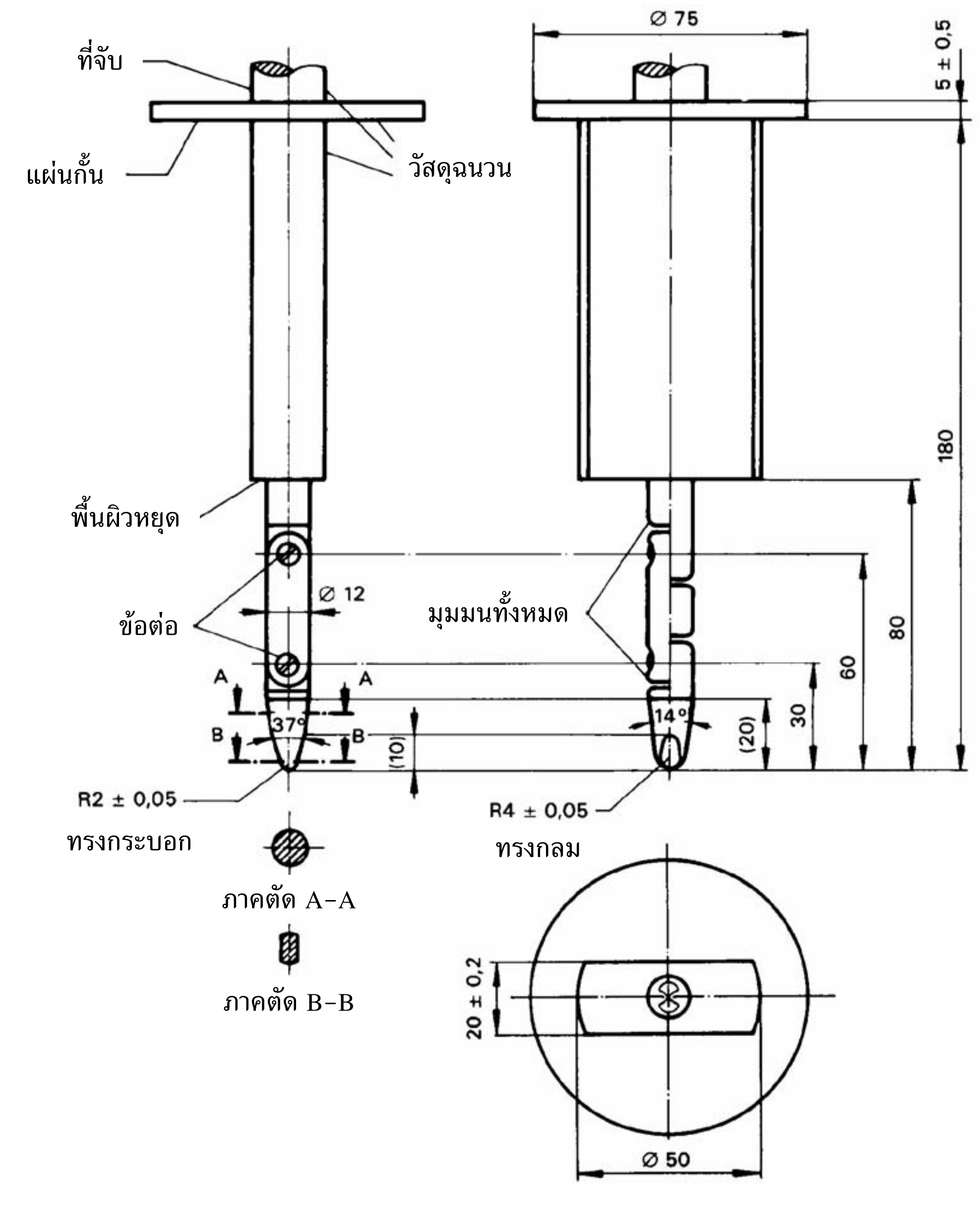
ภายใต้ภาวะการทดสอบตามข้อ 9.9.1.2 ค) RCBO ต้องทริปที่กระแสไฟฟ้าทดสอบเท่ากับ 1.25 $I_{\Delta n}$ ให้ทดสอบเพียงครั้งเดียวกับขั้วใดขั้วหนึ่งโดยการสุ่ม และไม่ต้องวัดเวลาตัดวงจร

หมายเหตุ 2. ตัวอย่างของวงจรทดสอบสำหรับการทวนสอบนี้ ดังแสดงในรูปที่ 22

รูปที่ 1 หมุดเกลียวปล่อยแบบเกลียวเต็ม
(ข้อ 3.6.10)



รูปที่ 2 หมุดเกลียวปล่อยแบบเกลียวตัด
(ข้อ 3.6.11)



วัสดุ : เป็นโลหะ ยกเว้นส่วนที่กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น

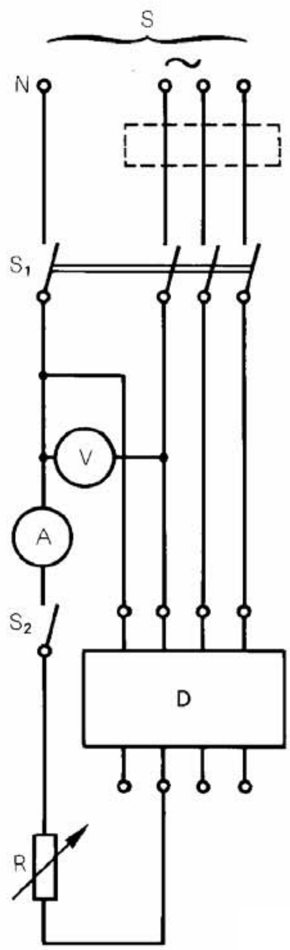
มิติเชิงเส้น หน่วยเป็นมิลลิเมตร

เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของมิติ

- ของมุม : $^{0}_{-10}$ ลิปดา
- ของมิติเชิงเส้น : ≤ 25 มิลลิเมตร : $^{0}_{-0.05}$ มิลลิเมตร
  > 25 มิลลิเมตร : ± 0.2 มิลลิเมตร

ข้อต่อทั้งสองต้องสามารถปรับได้ในระนาบและทิศทางเดียวกันเป็นมุม 90 องศา โดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน 0 ถึง +10 องศา

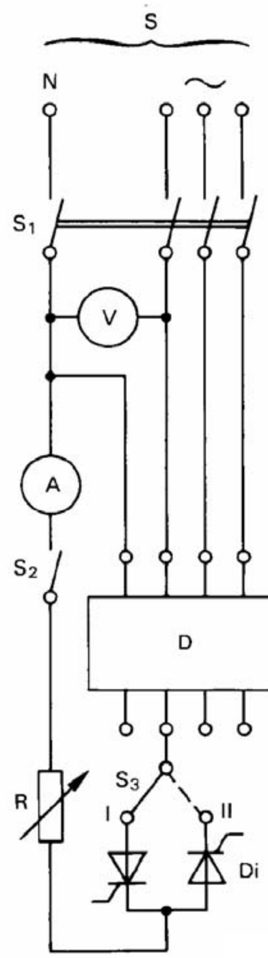
รูปที่ 3 นิ้วทดสอบแบบมีข้อต่อ
(ข้อ 9.6)



S = แหล่งจ่าย	S_1 = สวิตช์ตัดต่อทุกขั้ว
V = โวลต์มิเตอร์	S_2 = สวิตช์ตัดต่อขั้วเดี่ยว
A = แอมมิเตอร์	S_3 = สวิตช์ทำงานทุกเฟสยกเว้น 1 เฟส
R = ตัวต้านทานปรับค่าได้	D = RCBO ที่ทดสอบ

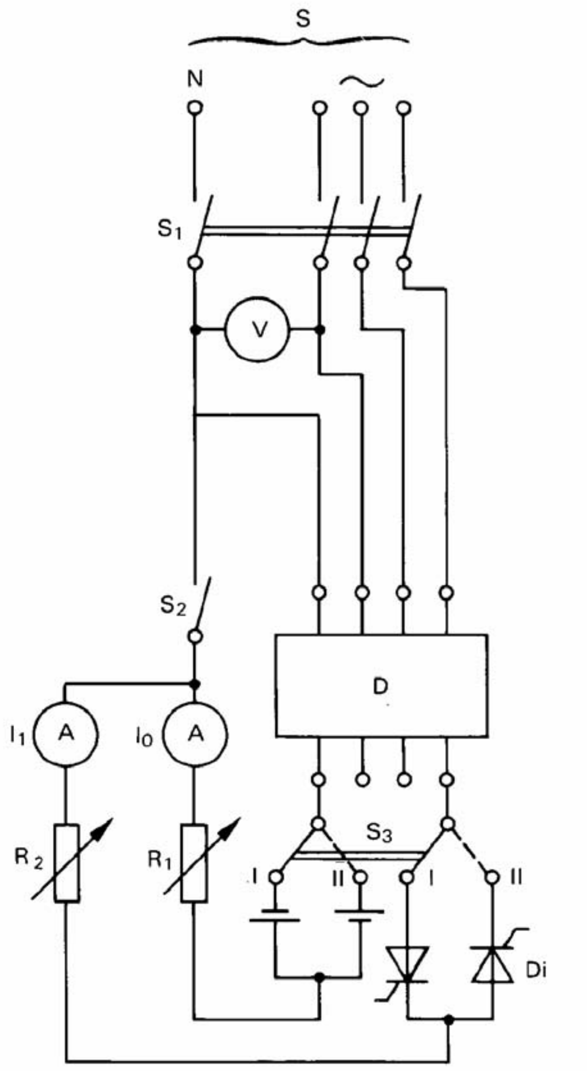
หมายเหตุ S_3 ยังคงอยู่ในตำแหน่งปิด ยกเว้นการทดสอบตามข้อ 9.17.3

รูปที่ 4ก วงจรทดสอบการทวนสอบ
- ลักษณะเฉพาะการทำงานภายใต้ภาวะกระแสไฟฟ้าเหลือ (ข้อ 9.9.1)
- กลไกทริปอิสระ (ข้อ 9.11)
- การทำงานในกรณีที่แรงดันไฟฟ้าล้มเหลว (ข้อ 9.17.3 และ ข้อ 9.17.4) สำหรับ RCBO ที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้า



S = แหล่งจ่าย	S_1 = สวิตซ์ตัดต่อทุกขั้ว
V = โวลต์มิเตอร์	S_2 = สวิตซ์ตัดต่อขั้วเดี่ยว
A = แอมมิเตอร์ (วัดเป็นค่ารากกำลังสองเฉลี่ย)	S_3 = สวิตซ์สองทาง
	D_i = ไทริสเตอร์
R = ตัวต้านทานปรับค่าได้	D = RCBO ที่ทดสอบ

รูปที่ 4ข วงจรทดสอบการทวนสอบความถูกต้องของการทำงานของ RCBO
ในกรณีของกระแสไฟฟ้าตรงพัลส์ต่อเนื่องเหลือ
(ข้อ 9.21.1.1 และข้อ 9.21.1.2)



S = แหล่งจ่าย	S_1 = สวิตช์ตัดต่อทุกขั้ว
V = โวลต์มิเตอร์	S_2 = สวิตช์ตัดต่อขั้วเดี่ยว
A = แอมมิเตอร์ (วัดเป็นค่ารากกำลังสองเฉลี่ย)	S_3 = สวิตช์ขั้วคู่สองทาง
	D_i = ไทริสเตอร์
D = RCBO ที่ทดสอบ	R_1, R_2 = ตัวต้านทานปรับค่าได้

รูปที่ 4ค วงจรทดสอบการทวนสอบความถูกต้องของการทำงานของ RCBO ในกรณีของกระแสไฟฟ้าตรงพัลส์ต่อเนื่องเหลือพร้อมด้วยกระแสไฟฟ้าตรงเรียบ (ข้อ 9.21.1.4)

N = ตัวนำเป็นกลาง

S = แหล่งจ่าย

Z = อิมพีแดนซ์ปรับค่าได้

D = RCBO ที่ทดสอบ

G_1 = การต่อชั่วคราวสำหรับการสอบเทียบ

G_2 = การต่อสำหรับการทดสอบด้วยกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนดตามแต่ละเงื่อนไข

A = อุปกรณ์ทำให้เกิดการลัดวงจร

O_1 = ตัวรับรู้กระแสไฟฟ้าแบบบันทึกได้

O_2 = ตัวรับรู้แรงดันไฟฟ้าแบบบันทึกได้

F = อุปกรณ์สำหรับตรวจจับกระแสไฟฟ้าผิดพร่อง

R_1 = ตัวต้านทานสำหรับต่อขนานรีแอกเตอร์

R_2 = ตัวต้านทานสำหรับจำกัดกระแสในอุปกรณ์ F

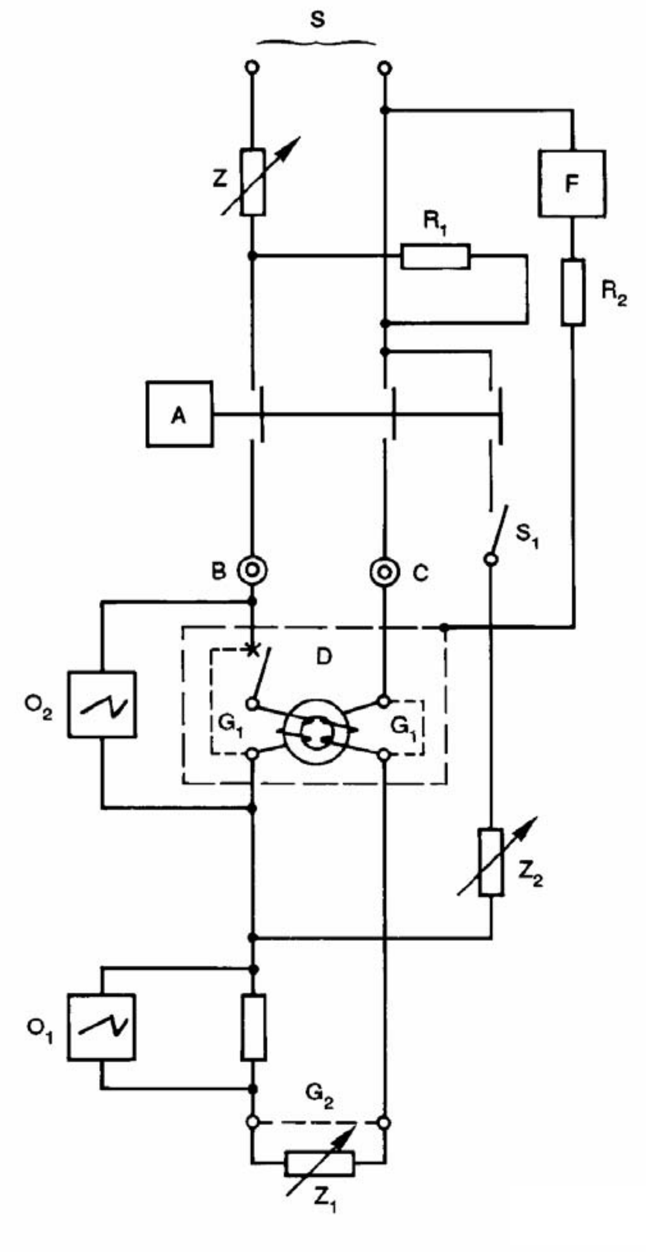
Z_1 = อิมพีแดนซ์ปรับค่าได้เพื่อให้กระแสไฟฟ้ามีค่าน้อยกว่าค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนดตามแต่ละเงื่อนไข

Z_2 = อิมพีแดนซ์ปรับค่าได้สำหรับสอบเทียบ I_{Δ}

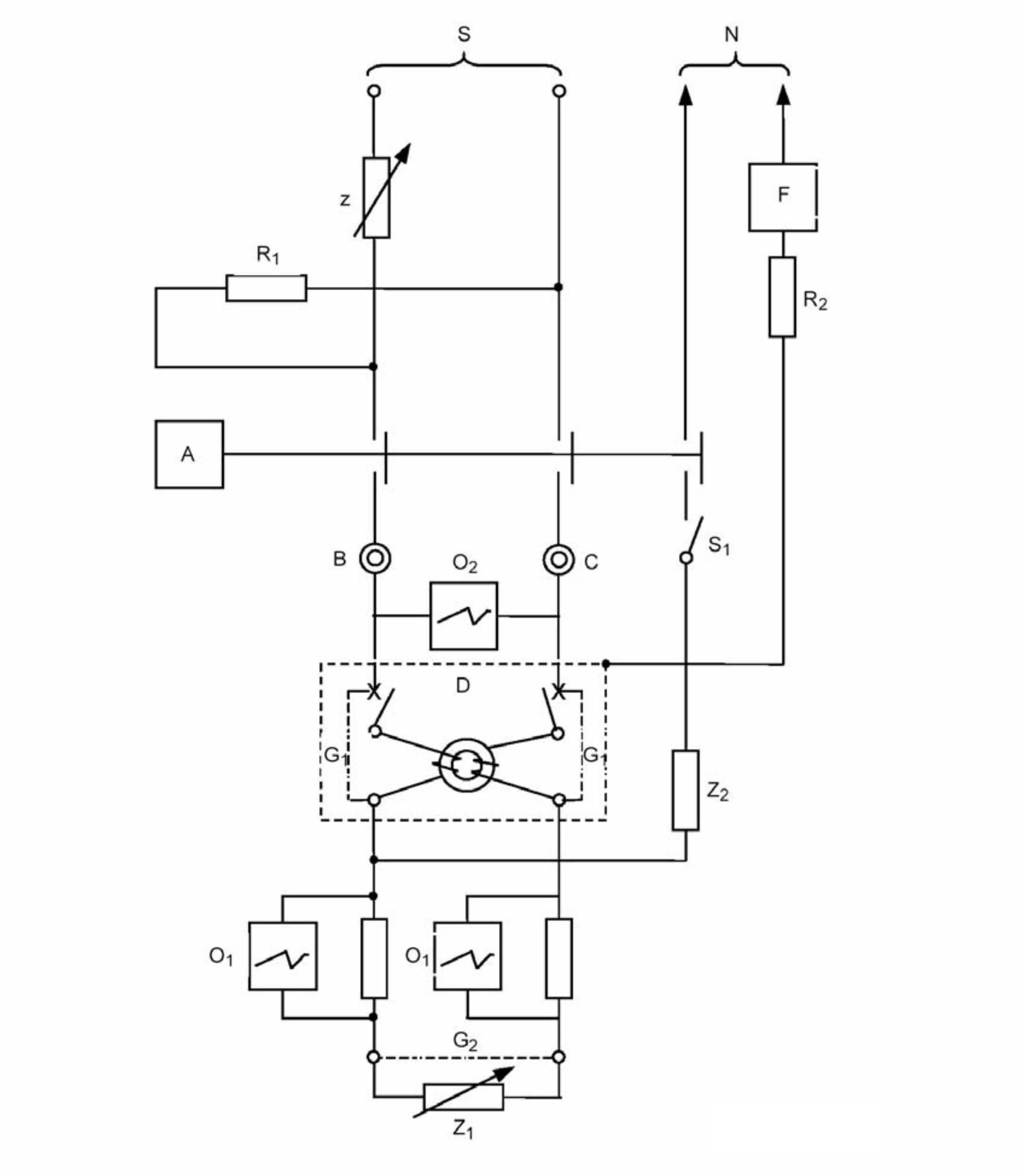
S_1 = สวิตช์ช่วย

B และ C = จุดสำหรับการต่อกับกริดที่แสดงในภาคผนวก ค.

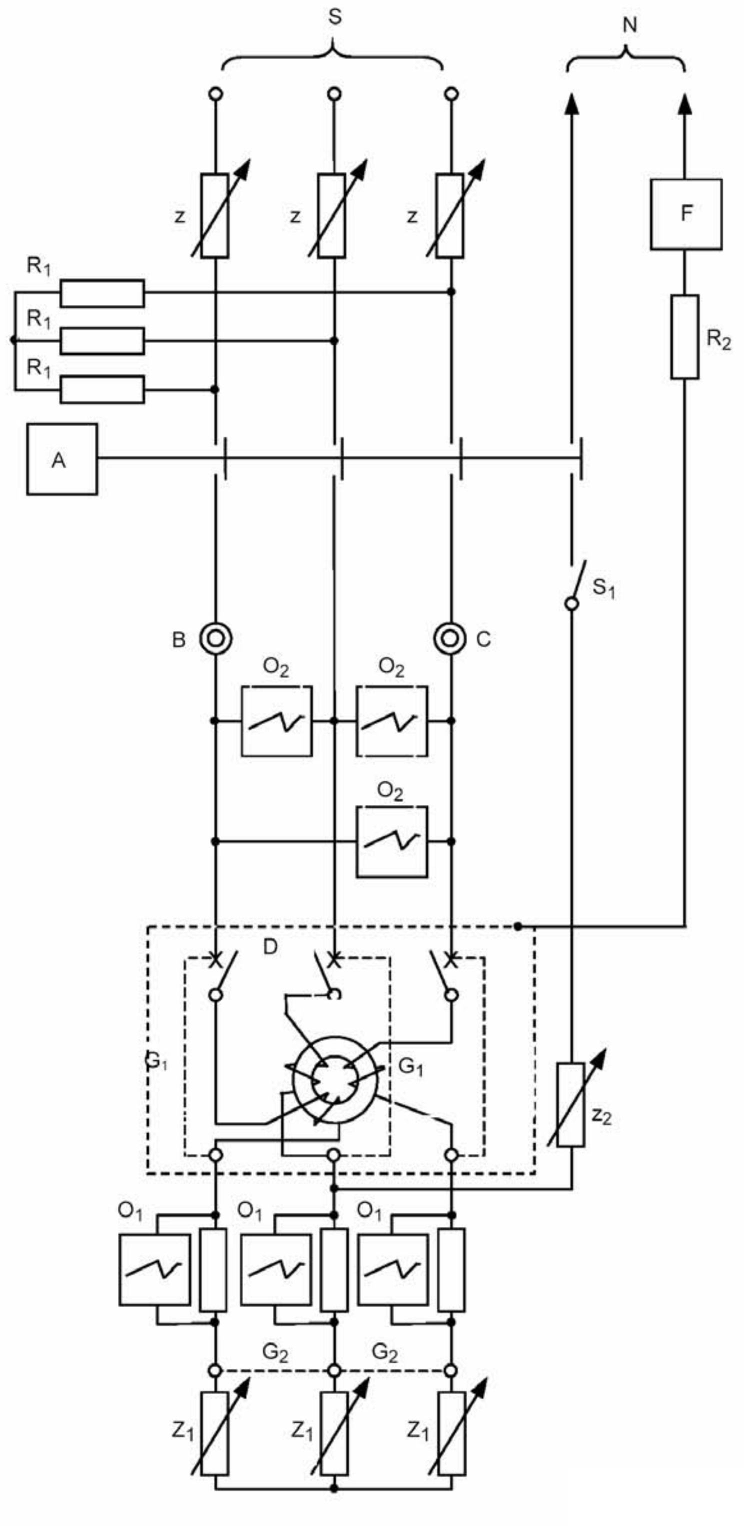
คำอธิบายสัญลักษณ์พยัญชนะที่ใช้ในรูปที่ 5 ถึง 9



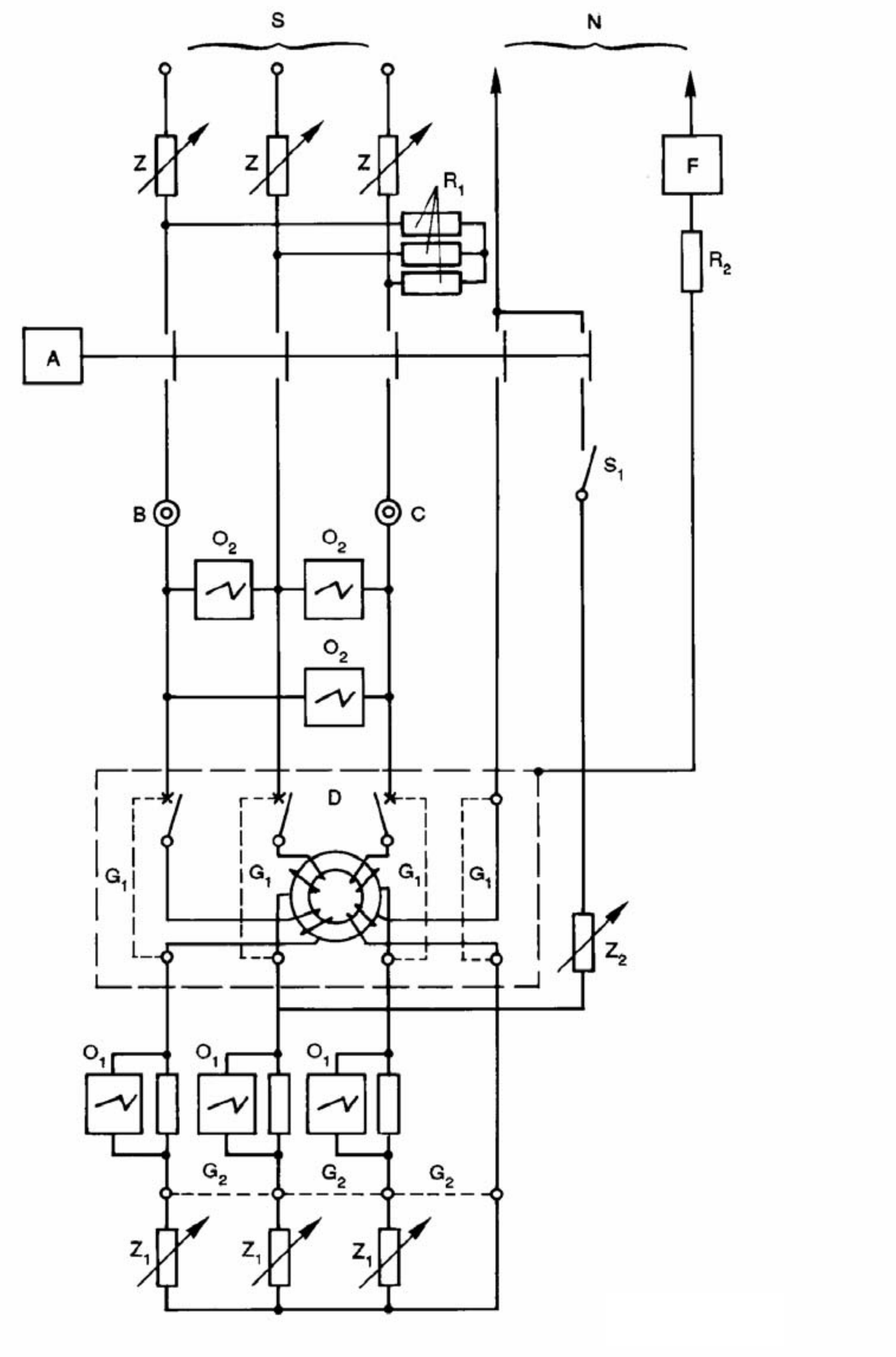
รูปที่ 5 วงจรทดสอบการทวนสอบความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนด
ของ RCBO แบบขั้วเดี่ยว มีทางเดินไฟฟ้า 2 ทาง
(ข้อ 9.12)



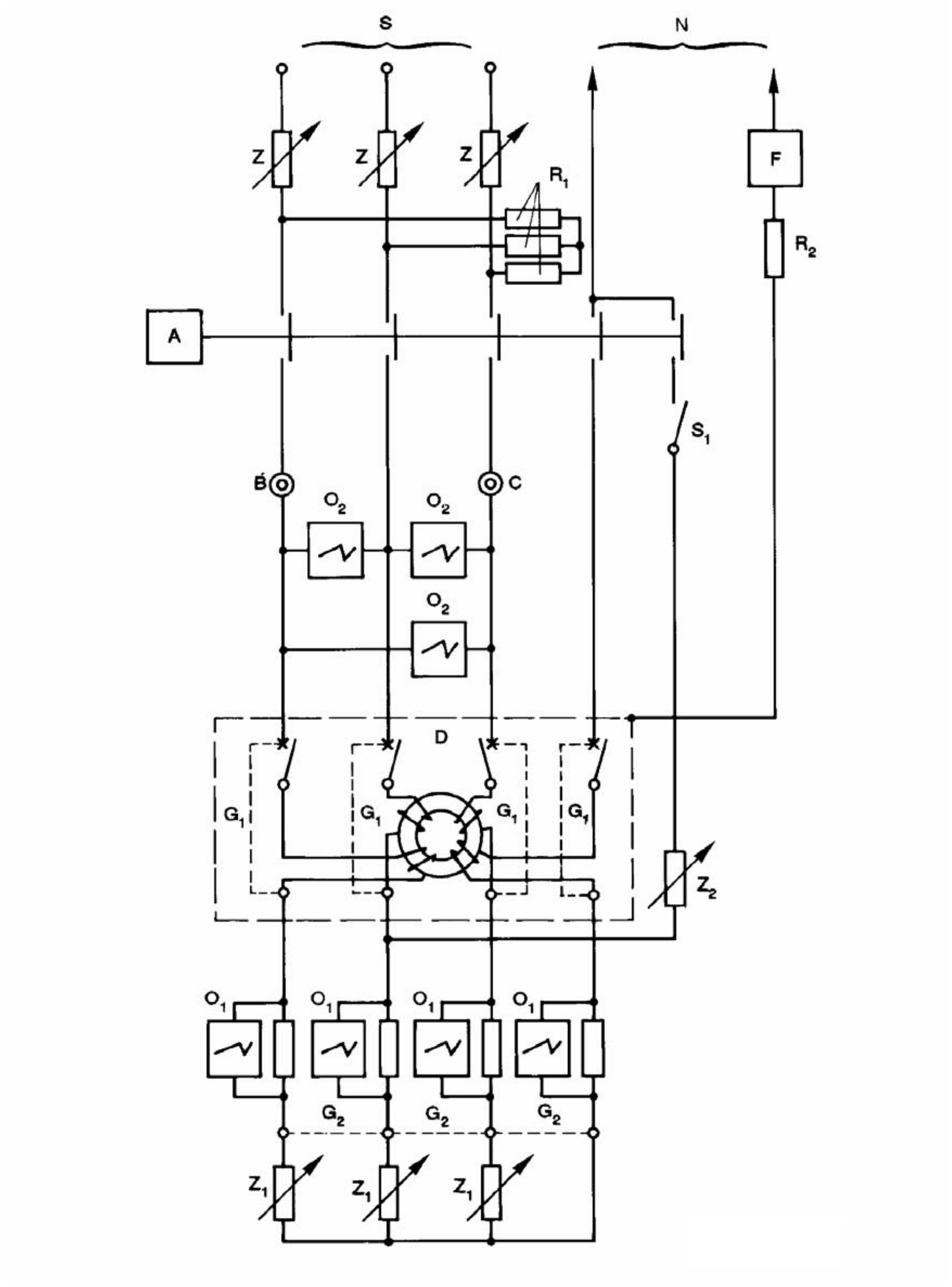
รูปที่ 6 วงจรทดสอบการทวนสอบความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนด
ของ RCBO แบบ 2 ขั้ว ในกรณีของวงจรเฟสเดียว
(ข้อ 9.12)



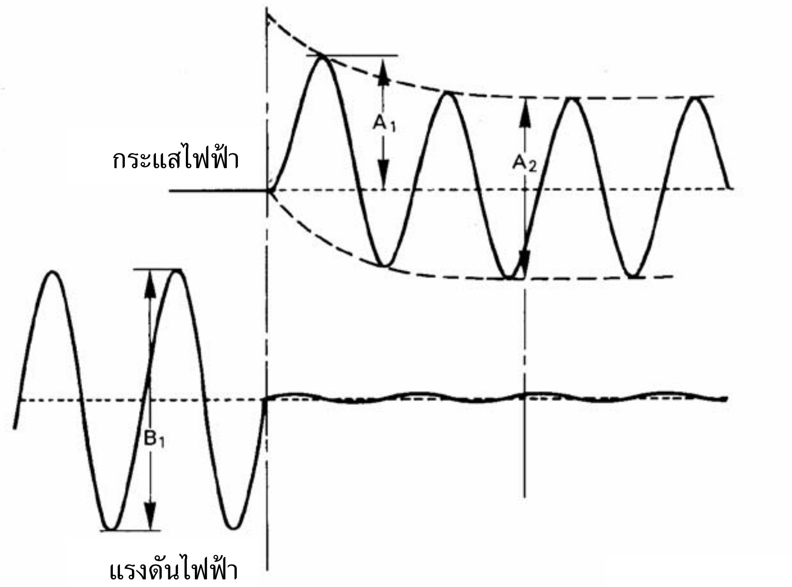
รูปที่ 7 วงจรทดสอบการทวนสอบความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนด
ของ RCBO แบบ 3 ขั้ว กับวงจร 3 เฟส
(ข้อ 9.12)



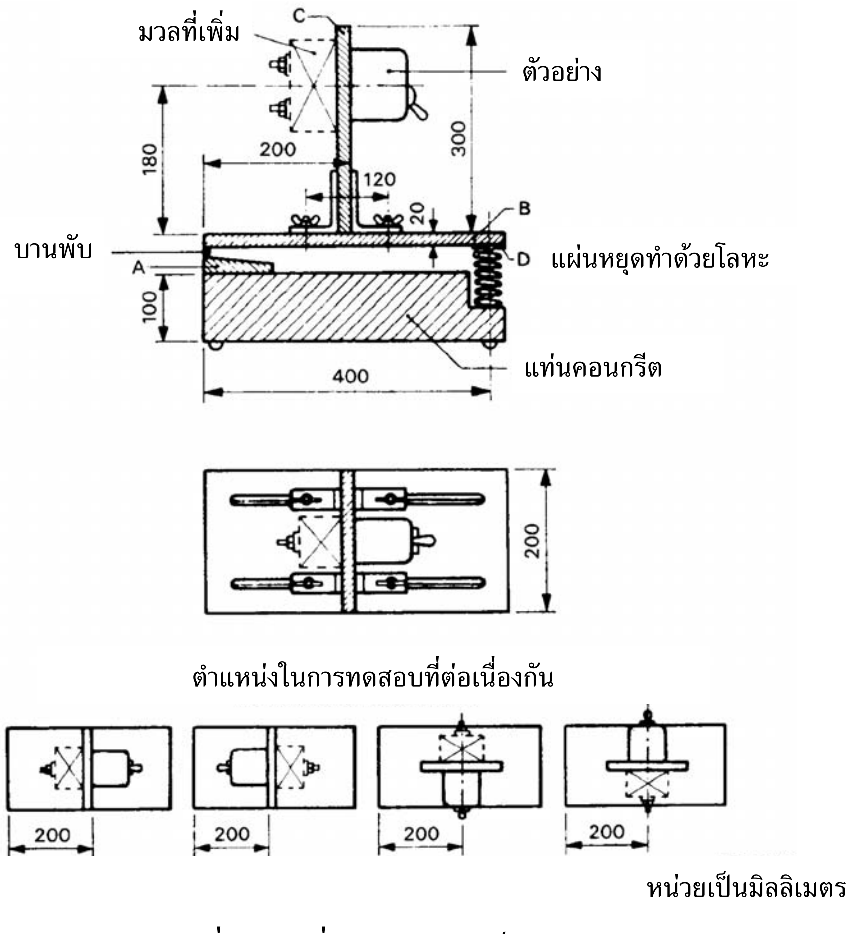
รูปที่ 8 วงจรทดสอบการทวนสอบความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนด
ของ RCBO แบบ 3 ขั้ว มีทางเดินไฟฟ้า 4 ทาง กับวงจร 3 เฟสที่มีสายกลาง
(ข้อ 9.12)



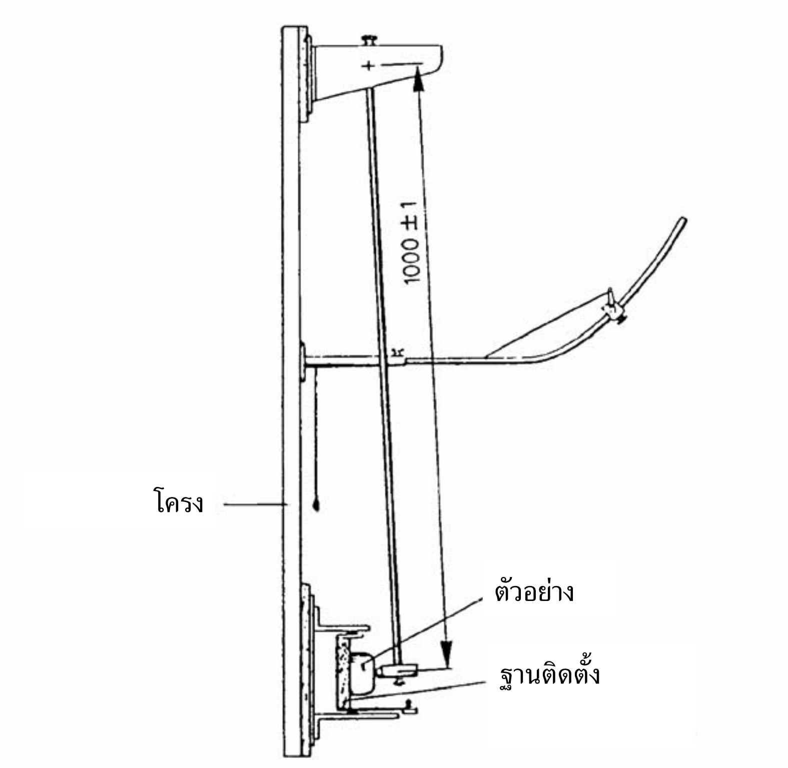
รูปที่ 9 วงจรทดสอบการทวนสอบความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนด
ของ RCBO แบบ 4 ขั้ว กับวงจร 3 เฟสที่มีสายกลาง
(ข้อ 9.12)



รูปที่ 10 ตัวอย่างบันทึกผลการสอบเทียบการทดสอบการลัดวงจร
(ข้อ 9.12.8)

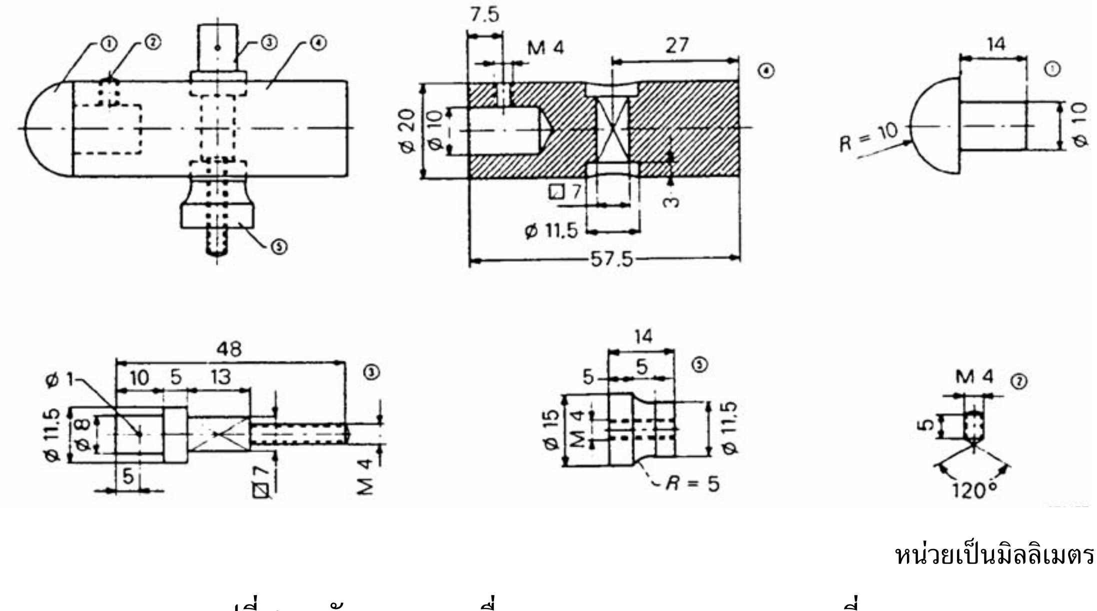


รูปที่ 11 เครื่องทดสอบการช็อกทางกล
(ข้อ 9.13.1)



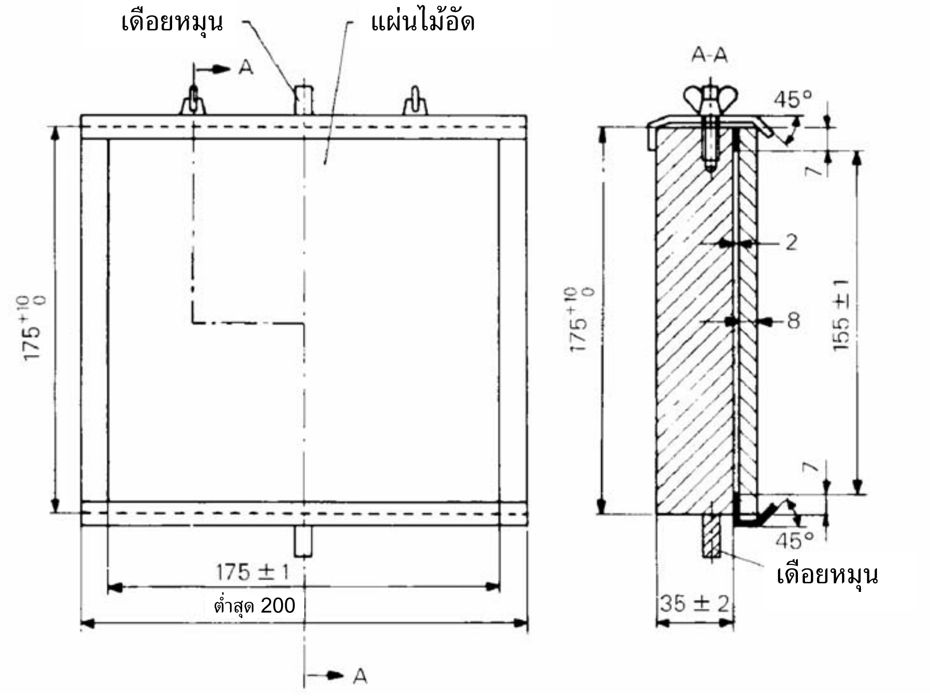
หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 12 เครื่องทดสอบแรงกระแทกทางกล
(ข้อ 9.13.2.1)



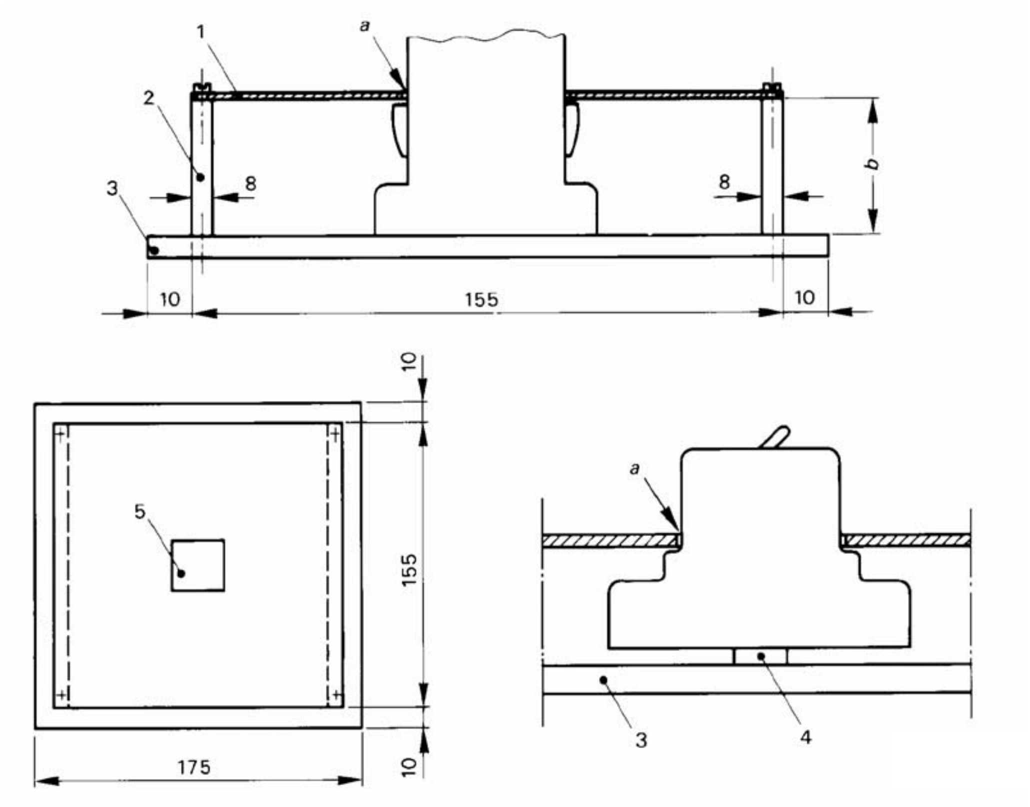
หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 13 หัวกระแทกเครื่องทดสอบแรงกระแทกแบบเหวี่ยง
(ข้อ 9.13.2.1)



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 14 ฐานยึดติดตัวอย่างเพื่อทดสอบแรงกระแทกทางกล
(ข้อ 9.13.2.1)



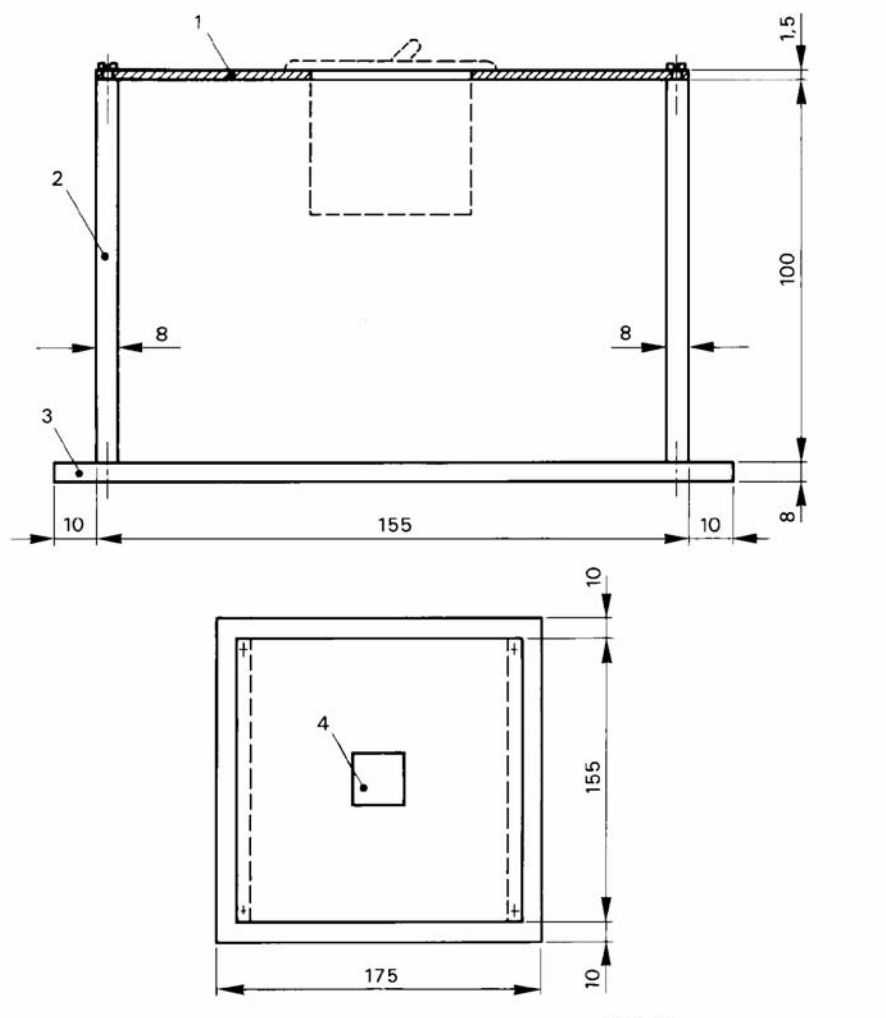
หน่วยเป็นมิลลิเมตร

1. แผ่นเหล็กปรับเปลี่ยนได้ หนา 1 มิลลิเมตร
2. แผ่นอะลูมิเนียม หนา 8 มิลลิเมตร
3. แผ่นติดตั้ง
4. รางที่ออกแบบสำหรับติดตั้ง RCBO
5. ช่องแผ่นเหล็กสำหรับ RCBO

   א) ระยะระหว่างขอบของช่องกับผิวนอกของ RCBO ต้องมีค่าระหว่าง 1 มิลลิเมตร กับ 2 มิลลิเมตร

   ב) ความสูงของแผ่นอะลูมิเนียมต้องทำให้แผ่นเหล็กวางอยู่บนฐานรองรับของ RCBO หรือถ้า RCBO ไม่มีฐานรองรับ ระยะจากส่วนที่มีไฟฟ้าซึ่งต้องป้องกันด้วยแผ่นฝาครอบเพิ่มเติมกับด้านล่างของแผ่นเหล็กเท่ากับ 8 มิลลิเมตร

รูปที่ 15 ตัวอย่างของการยึดติด RCBO แบบไม่มีเปลือกหุ้ม
สำหรับการทดสอบแรงกระแทกทางกล
(ข้อ 9.13.2.1)

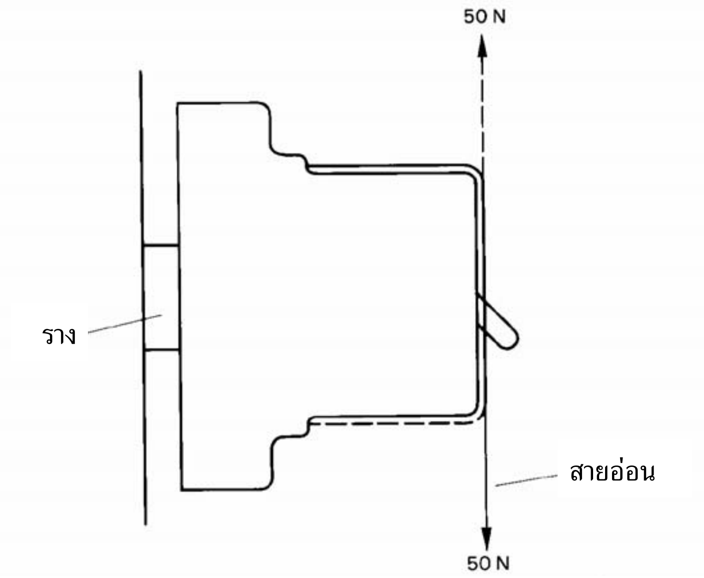


หน่วยเป็นมิลลิเมตร

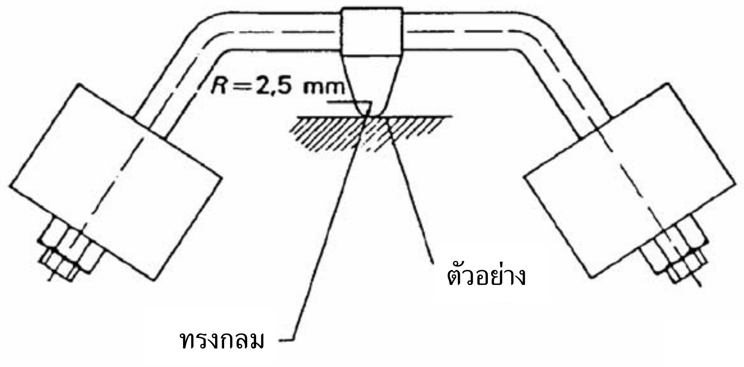
1. แผ่นเหล็กปรับเปลี่ยนได้ หนา 1.5 มิลลิเมตร
2. แผ่นอะลูมิเนียม หนา 8 มิลลิเมตร
3. แผ่นติดตั้ง
4. ช่องแผ่นเหล็กสำหรับ RCBO

หมายเหตุ ในกรณีพิเศษ อาจเพิ่มมิติได้ตามความเหมาะสม

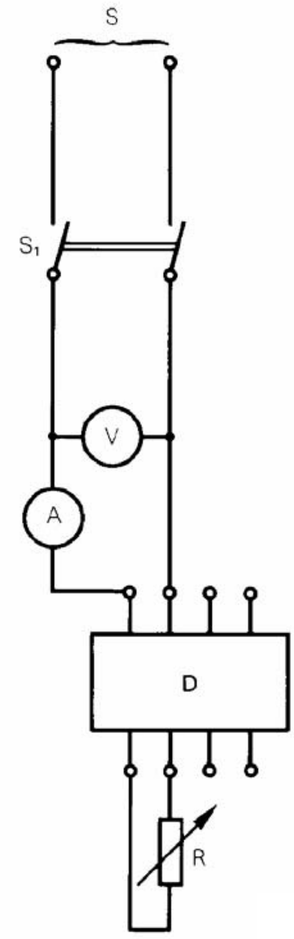
รูปที่ 16 ตัวอย่างของการยึดติด RCBO แบบยึดติดในแผงสวิตซ์
สำหรับการทดสอบแรงกระแทกทางกล
(ข้อ 9.13.2.1)



รูปที่ 17 แรงที่กระทำของการทดสอบแรงกระแทกทางกลของ RCBO แบบยึดติดกับราง
(ข้อ 9.13.2.2)



รูปที่ 18 เครื่องทดสอบแบบกดด้วยลูกกลมเหล็ก
(ข้อ 9.14.2)



S = แหล่งจ่าย

S_1 = สวิตช์ 2 ขั้ว

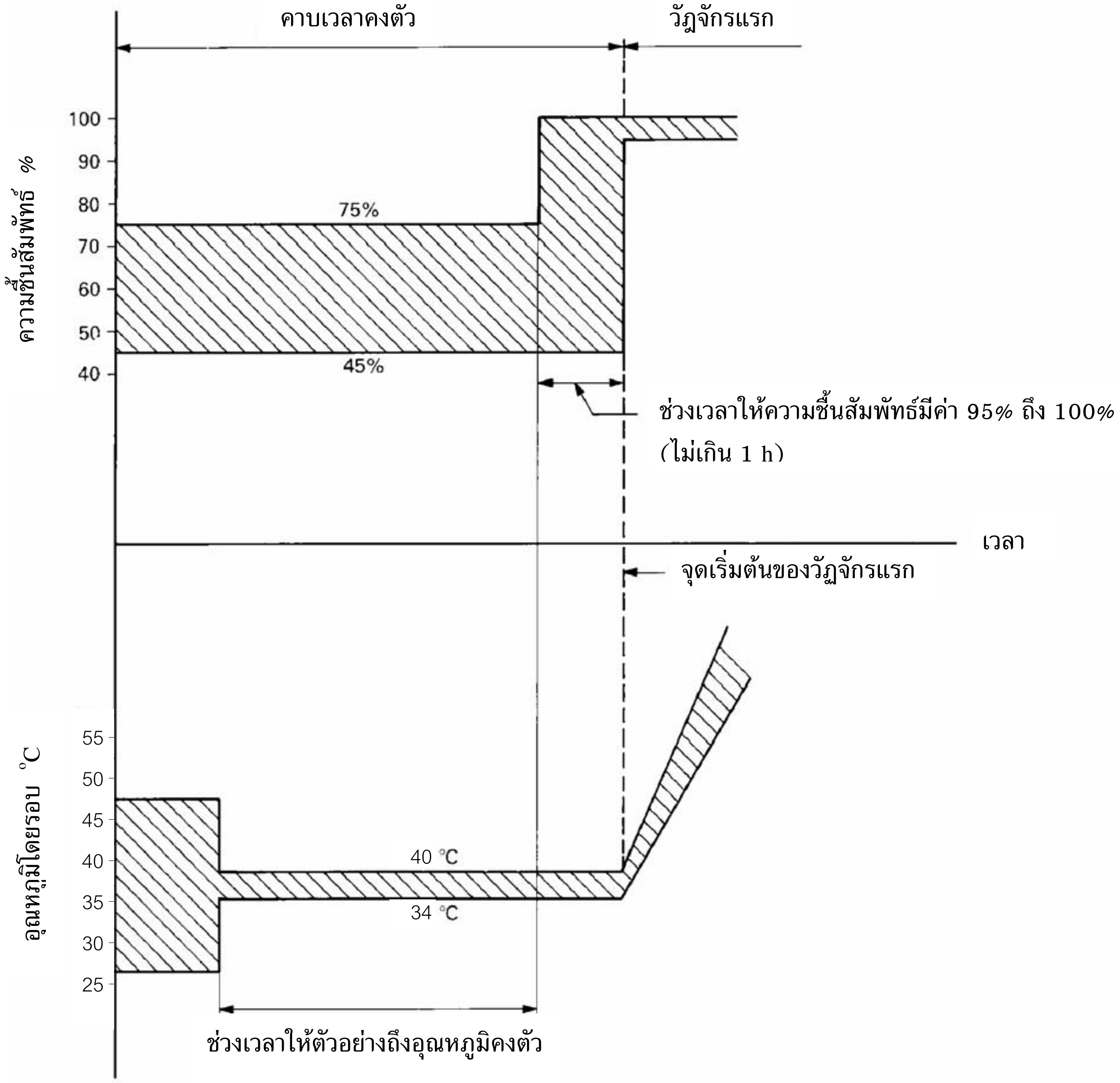
V = โวลต์มิเตอร์

A = แอมมิเตอร์

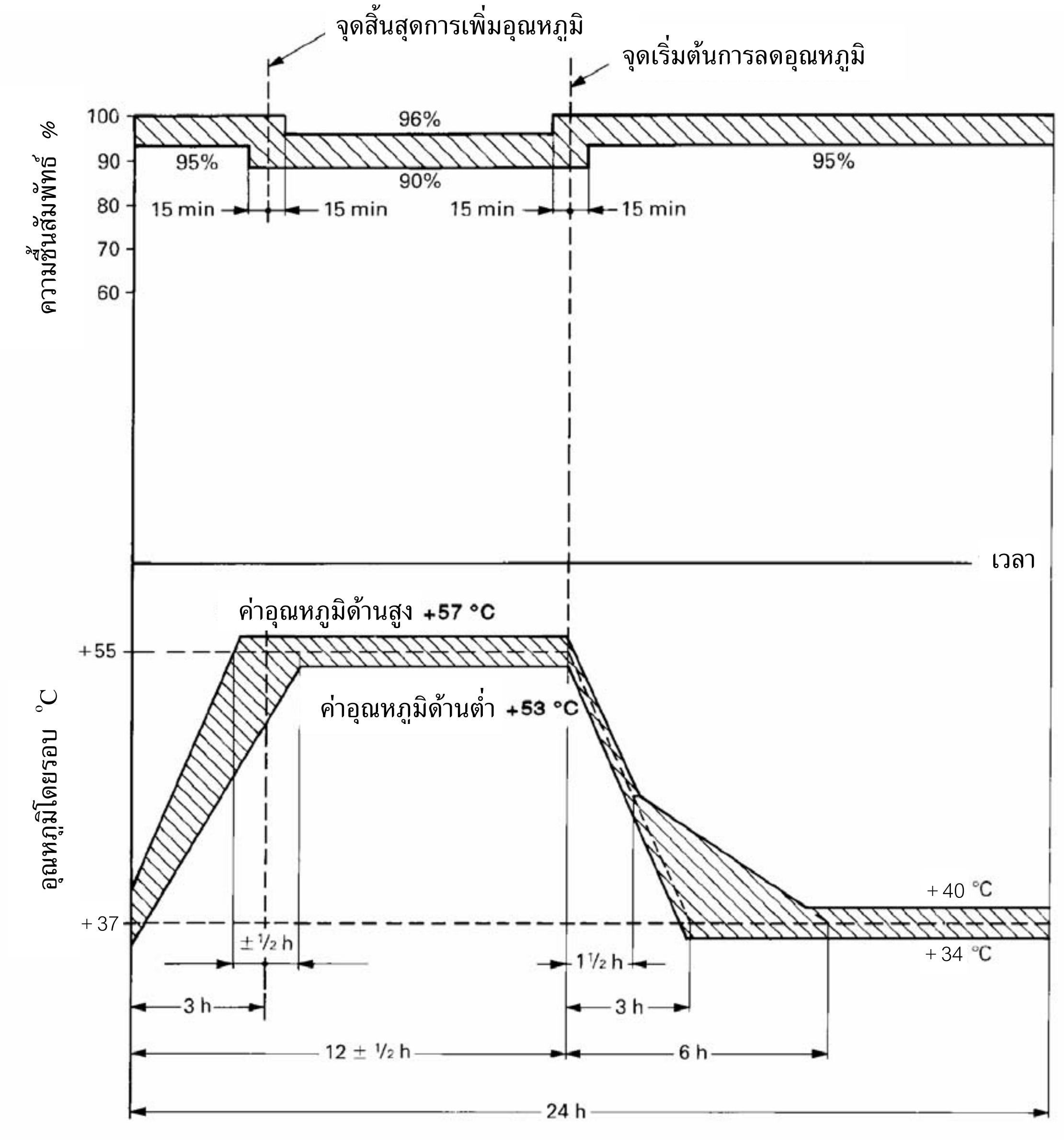
D = RCBO

R = ตัวต้านทานปรับค่าได้

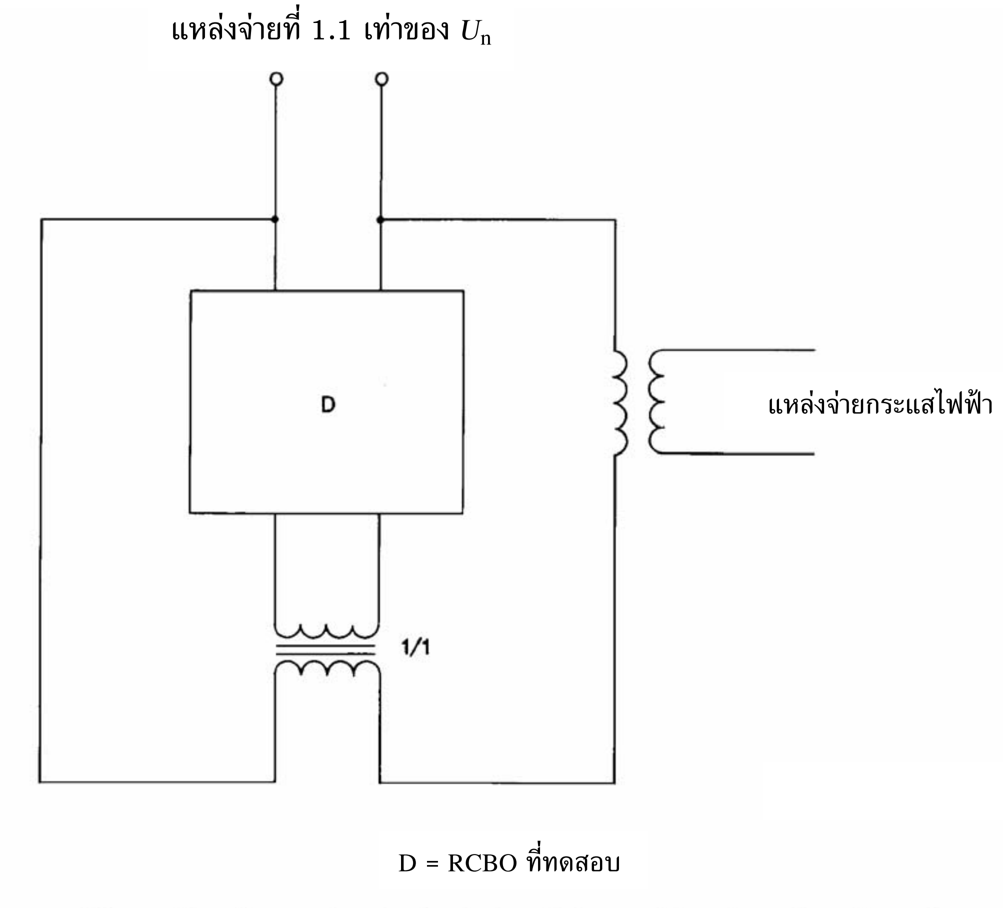
รูปที่ 19 วงจรทดสอบการทวนสอบของค่าขีดจำกัดของกระแสเกิน ในกรณีของโหลดเฟสเดียวไหลผ่าน RCBO แบบ 3 ขั้วหรือแบบ 4 ขั้ว (ข้อ 9.18)



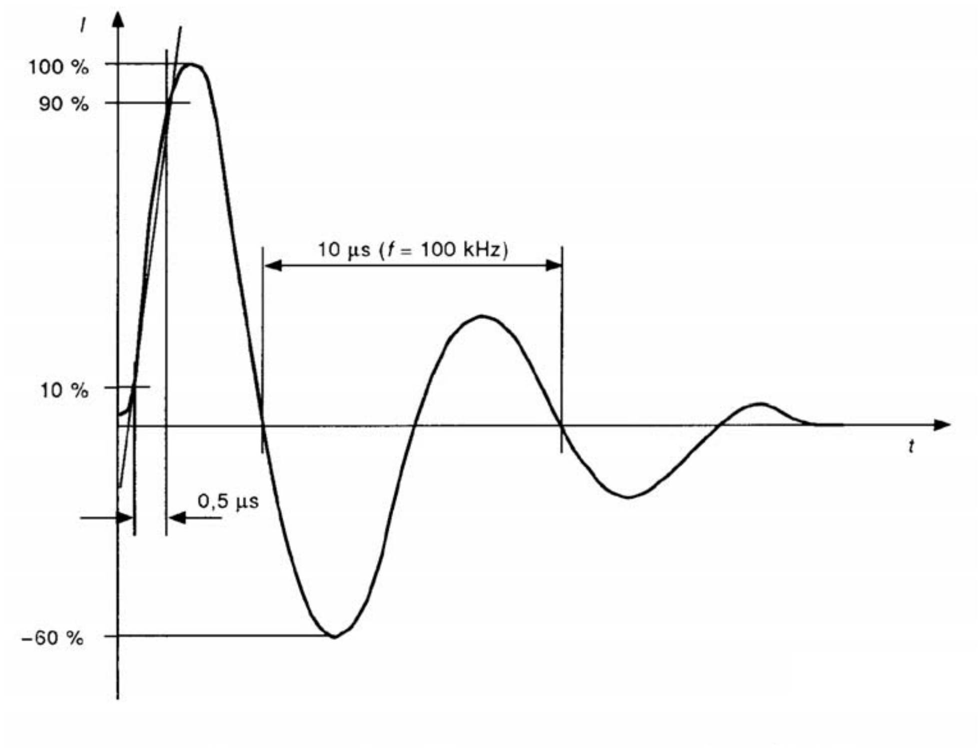
รูปที่ 20 คาบเวลาคงตัวสำหรับการทดสอบความเชื่อถือได้
(ข้อ 9.22.1.3)



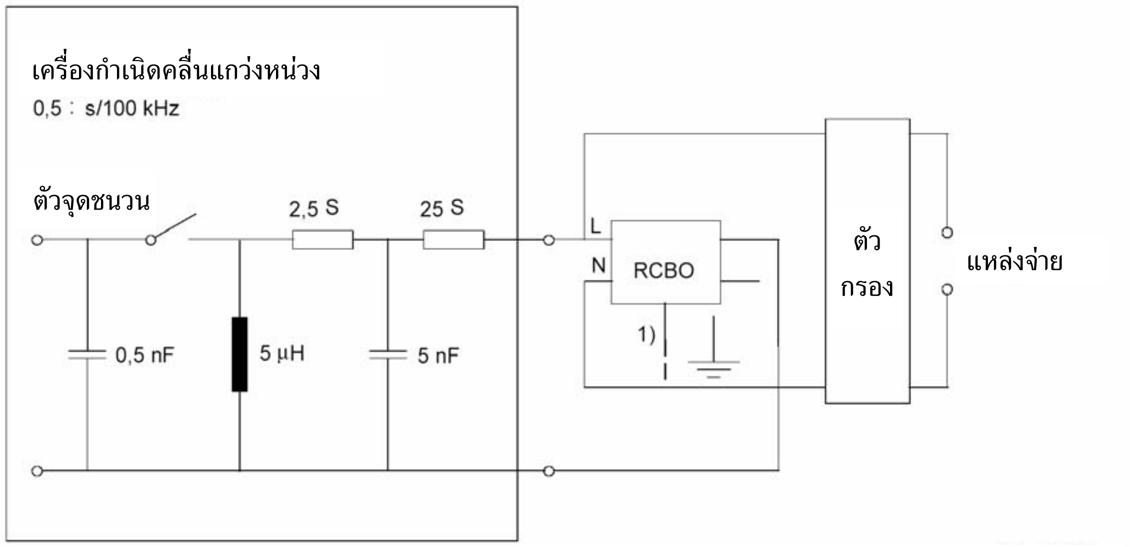
รูปที่ 21 วัฏจักรการทดสอบความเชื่อถือได้
(ข้อ 9.22.1.3)



รูปที่ 22 ตัวอย่างของวงจรทดสอบการทวนสอบการเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งาน
ของส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์
(ข้อ 9.23)

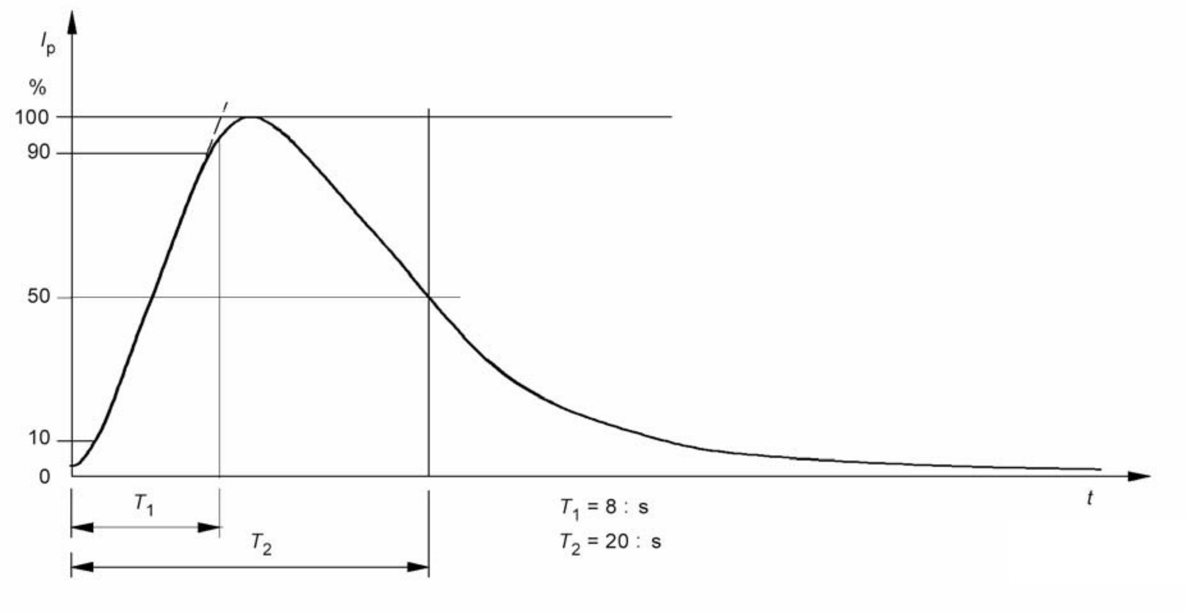


รูปที่ 23 คลื่นกระแสไฟฟ้าแกว่งหน่วง 0.5 ไมโครวินาที/100 กิโลเฮิรตซ์
(ข้อ 9.19.1)

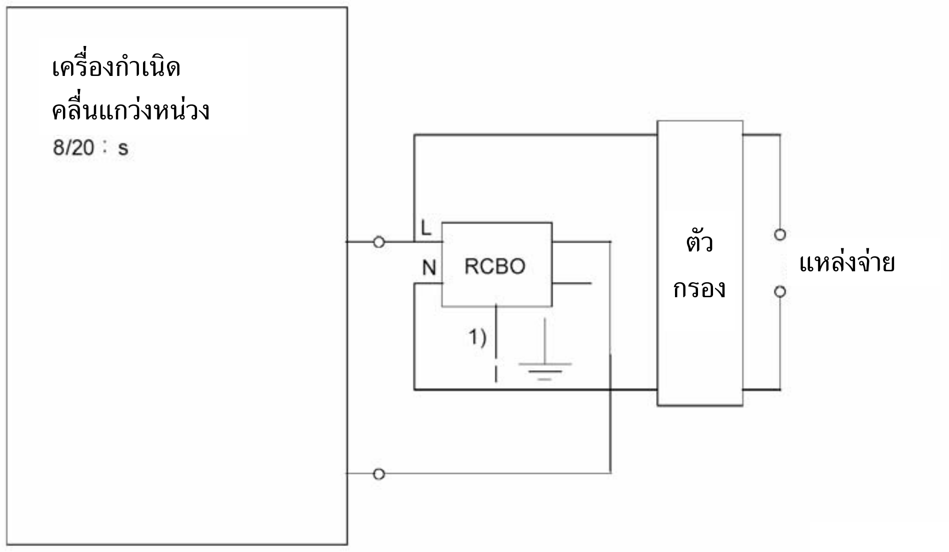


1) ถ้า RCBO มีขั้วต่อสายดิน ให้ต่อเข้ากับขั้วต่อสายกลาง (ถ้ามี) และถ้ามีการทำเครื่องหมายบน RCBO หรือไม่มีการทำเครื่องหมาย ให้ต่อเข้ากับขั้วต่อสายเฟสใดเฟสหนึ่ง

รูปที่ 24 วงจรทดสอบการทดสอบด้วยคลื่นแกว่งหน่วงที่ RCBO
(ข้อ 9.19.1)



รูปที่ 25 อิมพัลส์กระแสเสิร์จ 8/20 ไมโครวินาที
(ข้อ 9.19.2.1)



1) ถ้า RCBO มีขั้วต่อสายดิน ให้ต่อเข้ากับขั้วต่อสายกลาง (ถ้ามี) และถ้ามีการทำเครื่องหมายบน RCBO หรือไม่มีการทำเครื่องหมาย ให้ต่อเข้ากับขั้วต่อสายเฟสใดเฟสหนึ่ง

รูปที่ 26 วงจรทดสอบการทดสอบกระแสเสิร์จที่ RCBO
(ข้อ 9.19.2.1)

ภาคผนวก ก.

(ข้อกำหนด)

ลำดับการทดสอบและจำนวนของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบสำหรับจุดประสงค์การรับรอง

ก.1 ลำดับการทดสอบ

ให้ทดสอบตามที่กำหนดในตารางที่ ก.1 การทดสอบในแต่ละลำดับให้เป็นไปตามที่กำหนด

ตารางที่ ก.1 ลำดับการทดสอบ

ลำดับการทดสอบ	หัวข้อ	การทดสอบ (หรือการตรวจพินิจ)
A	6	เครื่องหมาย
	8.1.1	ทั่วไป
	8.1.2	กลไก
	9.3	ความคงทนของเครื่องหมาย
	8.1.3	ระยะห่างในอากาศและระยะตามผิวฉนวน (เฉพาะชิ้นส่วนภายนอก)
	8.1.6	การสับเปลี่ยนกันไม่ได้
	9.11	กลไกทริปอิสระ
	9.4	ความเชื่อถือได้ของหมุดเกลียว ส่วนนำกระแสไฟฟ้า และการต่อ
	9.5	ความเชื่อถือได้ของขั้วต่อสายสำหรับตัวนำภายนอก
	9.6	การป้องกันช็อกไฟฟ้า
	9.14	ความทนความร้อน
	8.1.3	ระยะห่างในอากาศและระยะตามผิวฉนวน (เฉพาะชิ้นส่วนภายใน)
	9.15	ความทนความร้อนผิดปกติ และไฟ
B	9.7	สมบัติไดอิเล็กทริก
	9.8	อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น
	9.20	ความทนของฉนวนต่อแรงดันอิมพัลส์
	9.22.2	ความเชื่อถือได้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส
	9.23	การเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งานของส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์
C	9.10	ความทนทานการใช้งานทางกลและทางไฟฟ้า
	9.12.11.2 (และ 9.12.12)	สมรรถนะที่กระแสไฟฟ้าลัดวงจรลดลง
D_0	9.9.1	ลักษณะเฉพาะการทำงานภายใต้ภาวะกระแสเหลือ
D_1	9.17	การทำงานในกรณีที่แรงดันไฟฟ้าล้มเหลว
	9.19	การทำงานในกรณีของกระแสเสิร์จ
	9.21	องค์ประกอบของไฟฟ้ากระแสตรง
	9.12.13	สมรรถนะที่ $I_{\Delta m}$
	9.16	อุปกรณ์ทดสอบ

ตารางที่ ก.1 ลำดับการทดสอบ (ต่อ)

ลำดับการทดสอบ	หัวข้อ	การทดสอบ (หรือการตรวจพินิจ)
E_0	9.9.2 9.18	ลักษณะเฉพาะการทำงานภายใต้ภาวะกระแสเกิน ค่าขีดจำกัดของค่ากระแสเกินในกรณีที่โหลดเฟสเดียวไหลผ่าน RCBO แบบ 3 ขั้วหรือแบบ 4 ขั้ว
E_1	9.13 9.12.11.3 (และ 9.12.12)	ความทนการช็อกและแรงกระแทกทางกล สมรรถนะที่กระแสไฟฟ้าลัดวงจร 1 500 แอมแปร์
F_0	9.12.11.4 ข) (และ 9.12.12.2)	สมรรถนะที่ความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรใช้งาน
F_1	9.12.11.4 ค) (และ 9.12.12.2)	สมรรถนะที่ความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนด
G	9.22.1	ความเชื่อถือได้ (การทดสอบความทนสภาพอากาศ)

ก.2 จำนวนตัวอย่างสำหรับทดสอบครบทุกรายการ

ถ้า RCBO แต่ละแบบ (จำนวนขั้ว การทริปทันที) ที่ส่งทดสอบ มีพิกัดกระแสไฟฟ้าพิกัดเดียว และพิกัดกระแสเหลือที่ทำงานพิกัดเดียว จำนวนตัวอย่างที่ใช้สำหรับทดสอบตามอนุกรมที่แตกต่างกันให้เป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ ก.2 ซึ่งได้กำหนดเกณฑ์สมรรถนะต่ำสุดไว้เช่นกัน

ถ้าตัวอย่างทดสอบทั้งหมดตามที่กำหนดในสดมภ์ที่ 2 ของตารางที่ ก.2 เป็นไปตามข้อกำหนดทุกข้อ ให้ถือว่าเป็นไปตามมาตรฐานนี้ ถ้าตัวอย่างทดสอบจำนวนต่ำสุดตามสดมภ์ที่ 3 ของตารางที่ ก.2 เป็นไปตามที่กำหนด ให้ใช้ตัวอย่างทดสอบเพิ่มเติมตามที่กำหนดในสดมภ์ที่ 4 มาทดสอบเพิ่มเติม และตัวอย่างทดสอบเพิ่มเติมทั้งหมดต้องเป็นไปตามข้อกำหนดทุกข้อ จึงจะถือว่าเป็นไปตามมาตรฐานนี้

สำหรับ RCBO ที่มีพิกัดกระแสไฟฟ้าพิกัดเดียว แต่มีพิกัดกระแสเหลือที่ทำงานมากกว่า 1 พิกัด ให้ใช้ตัวอย่างทดสอบ 2 ชุด สำหรับแต่ละลำดับการทดสอบ ตัวอย่างทดสอบชุดแรกให้ตั้งที่กระแสเหลือที่ทำงานสูงสุด และตัวอย่างทดสอบชุดที่สองให้ตั้งที่กระแสเหลือที่ทำงานต่ำสุด

ตารางที่ ก.2 จำนวนตัวอย่างที่ใช้สำหรับทดสอบครบทุกรายการ

ลำดับการทดสอบ	จำนวนตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่างต่ำสุดที่เป็นไปตามข้อกำหนด [ก) ข)]	จำนวนตัวอย่างสูงสุดที่นำมาทดสอบซ้ำ [ค)]
A	1	1	-
B	3	2	3
C	3	2 [ง)]	3
D	3	2 [ง)]	3
E	3	2 [ง)]	3
F_0	3	2 [ง)]	3
F_1	3	2 [ง)]	3
G	3	2	3

[ก)] โดยรวมแล้ว อาจทดสอบซ้ำได้ไม่เกิน 3 ลำดับการทดสอบ

[ข)] ให้สันนิษฐานว่าตัวอย่างทดสอบที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดเนื่องจากความบกพร่องในการประกอบหรือความชำนาญ ไม่ใช่เป็นความบกพร่องในการออกแบบ

[ค)] ในกรณีของการทดสอบซ้ำ ผลการทดสอบทั้งหมดต้องเป็นไปตามข้อกำหนด

[ง)] ยกเว้นการทดสอบตามข้อ 9.12.10 ข้อ 9.12.11.2 ข้อ 9.12.11.3 ข้อ 9.12.11.4 และข้อ 9.12.13 ตามความเหมาะสม ซึ่งตัวอย่างทดสอบทั้งหมดต้องเป็นไปตามข้อกำหนด

ก.3 จำนวนตัวอย่างที่ใช้สำหรับวิธีทดสอบอย่างง่าย ในกรณีที่ RCBO มีพื้นฐานการออกแบบเดียวกันและพิสัยเดียวกันส่งทดสอบพร้อมกัน

ก.3.1 ถ้า RCBO มีพื้นฐานการออกแบบเดียวกันและมีพิสัยเดียวกัน หรือมีการส่งเพิ่ม RCBO ที่มีพิสัยดังกล่าวมาให้การรับรอง จำนวนตัวอย่างที่ใช้ทดสอบอาจลดลงได้ตามที่กำหนดในตารางที่ ก.3 ตารางที่ ก.4 และตารางที่ ก.5

หมายเหตุ สำหรับจุดประสงค์ของภาคผนวกนี้ คำว่า “พื้นฐานการออกแบบเดียวกัน” ครอบคลุมถึงพิสัยของ RCBO ที่มีอนุกรมของกระแสไฟฟ้าที่กำหนด (I_n) อนุกรมของกระแสเหลือที่ทำงานที่กำหนด ($I_{\Delta n}$) และจำนวนขั้วที่แตกต่างกัน

ให้ถือว่า RCBO มีพื้นฐานการออกแบบเดียวกัน ถ้า

1) มีพื้นฐานการออกแบบเหมือนกัน ได้แก่ แบบขึ้นกับแรงดันไฟฟ้า และแบบไม่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้าต้องไม่อยู่ด้วยกันในพิสัยเดียวกัน
2) อุปกรณ์บังคับกลไกของกระแสเหลือมีกลไกทริปเหมือนกัน และมีรีเลย์หรือโซลีนอยด์เหมือนกันยกเว้นการแปรผันที่ยอมให้ตามที่กำหนดในข้อ ค) และ ง) ตามข้างล่าง
3) ใช้วัสดุ การตกแต่งและมิติของชิ้นส่วนที่นำไฟฟ้าภายในเหมือนกัน นอกเหนือจากรายละเอียดการแปรผันที่กำหนดในข้อ ก)
4) ขั้วต่อสาย มีการออกแบบเหมือนกัน (ดูข้อ ข) ข้างล่าง)

5) มีขนาดหน้าสัมผัส วัสดุ โครงร่าง และวิธีการประกอบเหมือนกัน
6) มีกลไกทำงานด้วยมือ วัสดุ และลักษณะเฉพาะทางกายภาพเหมือนกัน
7) การขึ้นรูป และวัสดุฉนวนเหมือนกัน
8) วิธี วัสดุ และโครงสร้างของอุปกรณ์ดับอาร์กเหมือนกัน
9) มีพื้นฐานการออกแบบอุปกรณ์รับรู้กระแสเหลือเหมือนกัน สำหรับลักษณะเฉพาะของแต่ละแบบที่กำหนด นอกเหนือจากการแปรผันที่ยอมให้ตามที่กำหนดในข้อ ค)
10) มีพื้นฐานการออกแบบอุปกรณ์ทริปกระแสเหลือเหมือนกัน ยกเว้นสำหรับการแปรผันที่ยอมให้ตามที่กำหนดในข้อ ง)
11) มีพื้นฐานการออกแบบอุปกรณ์ทดสอบเหมือนกัน ยกเว้นสำหรับการแปรผันที่ยอมให้ตามที่กำหนดในข้อ จ)

ยอมให้มีการแปรผันดังต่อไปนี้ ถ้า RCBO เป็นไปตามข้อกำหนดอื่นๆ ทั้งหมดดังรายละเอียดข้างต้น

ก) พื้นที่หน้าตัดของการต่อที่นำกระแสไฟฟ้าภายใน และความยาวของการต่อโตรอยด์
ข) ขนาดของขั้วต่อสาย
ค) จำนวนรอบและพื้นที่หน้าตัดของขดลวด และขนาดและวัสดุของแกนของหม้อแปลงไฟฟ้าผลต่าง (differential transformer)
ง) ความไวของรีเลย์และ/หรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวเนื่อง (ถ้ามี)
จ) ค่าความต้านทาน (โอห์ม) ของอุปกรณ์ที่ให้จำนวนแอมแปร์-รอบสูงสุด ที่จำเป็นสำหรับการทดสอบตามข้อ 9.16 วงจรอาจต่อระหว่างเฟส หรือเฟสกับสายกลาง

ก.3.2 RCBO ที่เป็นประเภทเดียวกันตามการทำงานเกี่ยวกับองค์ประกอบไฟฟ้ากระแสตรง (ข้อ 4.6) และเป็นประเภทเดียวกันตามการหน่วงเวลา (ข้อ 4.7) จำนวนตัวอย่างที่ใช้ทดสอบอาจลดลงได้ตามที่กำหนดในตารางที่ ก.3

ตารางที่ ก.3 จำนวนตัวอย่างที่ใช้สำหรับวิธีทดสอบอย่างง่าย

ลำดับการทดสอบ	จำนวนตัวอย่างตามจำนวนขั้ว ก)		
	2 ขั้ว ข) ค)	3 ขั้ว ง) ฉ)	4 ขั้ว จ)
A	1 พิกัด I_n สูงสุด พิกัด $I_{\Delta n}$ ต่ำสุด	1 พิกัด I_n สูงสุด พิกัด $I_{\Delta n}$ ต่ำสุด	1 พิกัด I_n สูงสุด พิกัด $I_{\Delta n}$ ต่ำสุด
B	3 พิกัด I_n สูงสุด พิกัด $I_{\Delta n}$ ต่ำสุด	3 พิกัด I_n สูงสุด พิกัด $I_{\Delta n}$ ต่ำสุด	3 พิกัด I_n สูงสุด พิกัด $I_{\Delta n}$ ต่ำสุด
C	3 พิกัด I_n สูงสุด พิกัด $I_{\Delta n}$ ต่ำสุด	3 พิกัด I_n สูงสุด พิกัด $I_{\Delta n}$ ต่ำสุด	3 พิกัด I_n สูงสุด พิกัด $I_{\Delta n}$ ต่ำสุด
$D_0 + D_1$	3 พิกัด I_n สูงสุด พิกัด $I_{\Delta n}$ ต่ำสุด	3 พิกัด I_n สูงสุด พิกัด $I_{\Delta n}$ ต่ำสุด	3 พิกัด I_n สูงสุด พิกัด $I_{\Delta n}$ ต่ำสุด
D_0	1 สำหรับพิกัด $I_{\Delta n}$ อื่น ทั้งหมดที่มี I_n สูงสุด		
$E_0 + E_1$	3 พิกัด I_n สูงสุด พิกัด $I_{\Delta n}$ ต่ำสุด	3 พิกัด I_n สูงสุด พิกัด $I_{\Delta n}$ ต่ำสุด	3 พิกัด I_n สูงสุด พิกัด $I_{\Delta n}$ ต่ำสุด
E_0	1 สำหรับพิกัด $I_{\Delta n}$ อื่น ทั้งหมดที่มี I_n สูงสุด		
F_0	3 พิกัด I_n สูงสุด พิกัด $I_{\Delta n}$ ต่ำสุด 3 ช) พิกัด I_n ต่ำสุด พิกัด $I_{\Delta n}$ สูงสุด	3 พิกัด I_n สูงสุด พิกัด $I_{\Delta n}$ ต่ำสุด 3 ช) พิกัด I_n ต่ำสุด พิกัด $I_{\Delta n}$ สูงสุด	3 พิกัด I_n สูงสุด พิกัด $I_{\Delta n}$ ต่ำสุด 3 ช) พิกัด I_n ต่ำสุด พิกัด $I_{\Delta n}$ สูงสุด
F_1	3 พิกัด I_n สูงสุด พิกัด $I_{\Delta n}$ ต่ำสุด 3 ช) พิกัด I_n ต่ำสุด พิกัด $I_{\Delta n}$ สูงสุด	3 พิกัด I_n สูงสุด พิกัด $I_{\Delta n}$ ต่ำสุด 3 ช) พิกัด I_n ต่ำสุด พิกัด $I_{\Delta n}$ สูงสุด	3 พิกัด I_n สูงสุด พิกัด $I_{\Delta n}$ ต่ำสุด 3 ช) พิกัด I_n ต่ำสุด พิกัด $I_{\Delta n}$ สูงสุด
G	3 พิกัด I_n สูงสุด พิกัด $I_{\Delta n}$ ต่ำสุด	3 พิกัด I_n สูงสุด พิกัด $I_{\Delta n}$ ต่ำสุด	3 พิกัด I_n สูงสุด พิกัด $I_{\Delta n}$ ต่ำสุด

ก) ถ้าต้องการทดสอบซ้ำตามเกณฑ์สมรรถนะต่ำสุดที่กำหนดในข้อ ก.2 ให้ใช้ชุดตัวอย่างใหม่สำหรับการทดสอบที่เกี่ยวเนื่อง ในการทดสอบซ้ำ ผลการทดสอบทั้งหมดต้องเป็นไปตามข้อกำหนด

ข) ถ้ามีเพียง RCBO แบบ 3 ขั้วหรือแบบ 4 ขั้ว ที่ใช้ทดสอบ ให้ใช้สดมภ์นี้กับชุดตัวอย่างที่มีจำนวนขั้วน้อยที่สุด

ค) ใช้ได้กับ RCBO แบบ 1 ขั้วที่มีสายกลางที่ไม่มีการตัดต่อ และ RCBO แบบ 2 ขั้วที่มีขั้วป้องกัน 1 ขั้ว

ง) ใช้ได้กับ RCBO แบบ 3 ขั้ว ที่มีขั้วป้องกัน 2 ขั้ว

จ) ใช้ได้กับ RCBO 3 ขั้ว ที่มีสายกลางที่ไม่มีการตัดต่อ และ RCBO แบบ 4 ขั้วที่มีขั้วป้องกัน 3 ขั้ว

ฉ) เมื่อทดสอบกับ RCBO แบบ 4 ขั้ว สดมภ์นี้สามารถตัดทิ้งได้

ช) ถ้ามีค่า $I_{\Delta n}$ เพียงค่าเดียวที่ใช้ทดสอบ ไม่ต้องใช้ชุดตัวอย่างนี้

ก.3.3 RCBO พิสัยย่อยที่มีพื้นฐานการออกแบบเดียวกันตามที่กำหนดในข้อ ก.3.1 และทดสอบตามข้อ ก.3.2 แต่มีประเภทของการทริปทันทีตามที่กำหนดในข้อ 4.11 ที่แตกต่างกัน ลำดับทดสอบที่เพิ่มเติมอาจลดลงได้ตามที่กำหนดในตารางที่ ก.4 จำนวนตัวอย่างให้เป็นไปตามตารางที่ ก.3

ตารางที่ ก.4 ลำดับการทดสอบสำหรับ RCBO ที่มีกระแสไฟฟ้าทริปทันทีที่แตกต่างกัน

แบบ RCBO ที่ทดสอบครั้งแรก	ลำดับการทดสอบสำหรับ RCBO แบบอื่น		
	แบบ B	แบบ C	แบบ D
แบบ B	-	$(E_0+E_1) + F$	$(E_0+E_1) + F$
แบบ C	$E_0 + B$ [ก)]	-	$(E_0+E_1) + F$
แบบ D	$E_0 + B$ [ก)]	$(E_0+E_1) + F$	-
[ก)] สำหรับลำดับการทดสอบนี้ ให้ทดสอบเฉพาะข้อ 9.8 และข้อ 9.9.2.2 เท่านั้น			

ก.3.4 RCBO พิสัยย่อยที่มีพื้นฐานการออกแบบเดียวกันตามที่กำหนดในข้อ ก.3.1 และทดสอบตามข้อ ก.3.2 แต่มีประเภทของเวลาหน่วงตามที่กำหนดในข้อ 4.7 ที่แตกต่างกัน จำนวนตัวอย่างเพิ่มเติมและลำดับการทดสอบให้เป็นไปตามตารางที่ ก.3 ยกเว้นลำดับการทดสอบ A B และ E_0 อาจตัดทิ้งได้

ก.3.5 RCBO พิสัยย่อยที่มีพื้นฐานการออกแบบเดียวกันตามที่กำหนดในข้อ ก.3.1 และทดสอบตามข้อ ก.3.2 แต่มีประเภทของการทำงานเนื่องจากองค์ประกอบของไฟฟ้ากระแสตรง (ตามข้อ 4.6) ที่แตกต่างกัน จำนวนตัวอย่างเพิ่มเติมและลำดับการทดสอบอาจลดลงได้ตามที่กำหนดในตารางที่ ก.5

ตารางที่ ก.5 ลำดับการทดสอบสำหรับ RCBO ที่มีประเภทตามข้อ 4.6 ที่แตกต่างกัน

ลำดับการทดสอบ	จำนวนตัวอย่างที่เป็นไปตามจำนวนขั้ว [ก)]		
	2 ขั้ว [ข) ค)]	3 ขั้ว [ง) ฉ)]	4 ขั้ว [จ)]
D_0+D_1	1 พิกัด I_n สูงสุด พิกัด $I_{\Delta n}$ ต่ำสุด	1 พิกัด I_n สูงสุด พิกัด $I_{\Delta n}$ ต่ำสุด	1 พิกัด I_n สูงสุด พิกัด $I_{\Delta n}$ ต่ำสุด
D_0	1 สำหรับพิกัด $I_{\Delta n}$ อื่นทั้งหมดที่มี I_n สูงสุด		

[ก)] ถ้าต้องการทดสอบซ้ำตามเกณฑ์สมรรถนะต่ำสุดที่กำหนดในข้อ ก.2 ให้ใช้ชุดตัวอย่างใหม่สำหรับการทดสอบที่เกี่ยวเนื่อง ในการทดสอบซ้ำ ผลการทดสอบทั้งหมดต้องเป็นไปตามข้อกำหนด

[ข)] ถ้ามีเพียง RCBO แบบ 3 ขั้วหรือแบบ 4 ขั้ว ที่ใช้ทดสอบ ให้ใช้สดมภ์นี้กับชุดตัวอย่างที่มีจำนวนขั้วน้อยที่สุด

[ค)] ใช้ได้กับ RCBO แบบ 1 ขั้วที่มีสายกลางที่ไม่มีการตัดต่อ และ RCBO แบบ 2 ขั้วที่มีขั้วป้องกัน 1 ขั้ว

[ง)] ใช้ได้กับ RCBO แบบ 3 ขั้ว ที่มีขั้วป้องกัน 2 ขั้ว

[จ)] ใช้ได้กับ RCBO 3 ขั้ว ที่มีสายกลางที่ไม่มีการตัดต่อ และ RCBO แบบ 4 ขั้วที่มีขั้วป้องกัน 3 ขั้ว

[ฉ)] เมื่อทดสอบกับ RCBO แบบ 4 ขั้ว สดมภ์นี้สามารถตัดทิ้งได้

ภาคผนวก ข.
(ข้อกำหนด)
การวัดระยะห่างในอากาศและระยะตามผิวฉนวน

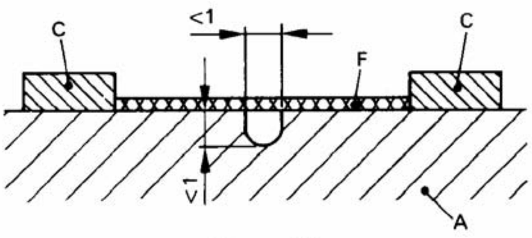
ในการวัดระยะห่างในอากาศ และระยะตามผิวฉนวน แนะนำให้พิจารณาจุดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ถ้าระยะห่างในอากาศหรือระยะตามผิวฉนวนได้รับอิทธิพลจากชิ้นส่วนโลหะหนึ่งส่วนหรือมากกว่า ผลรวมของภาคตัดควรมีค่าอย่างน้อยเท่ากับค่าต่ำสุดที่กำหนด

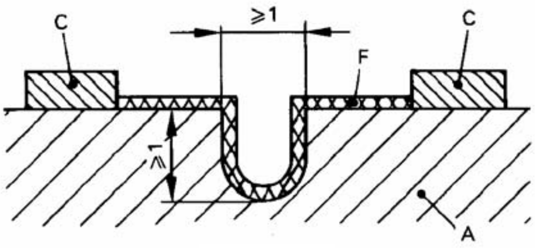
ภาคตัดแต่ละภาคที่มีความยาวน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร ไม่ควรนำมาพิจารณาในการคำนวณความยาวทั้งหมดของระยะห่างในอากาศและระยะตามผิวฉนวน

ในการวัดระยะตามผิวฉนวน
- ร่องที่มีความกว้างอย่างน้อย 1 มิลลิเมตร และความลึกอย่างน้อย 1 มิลลิเมตร ให้วัดตามแนวเส้นขอบเขต
- ร่องที่มีมิติใด ๆ น้อยกว่ามิติเหล่านี้ ไม่ควรนำมาคิด
- สันที่มีความสูงอย่างน้อย 1 มิลลิเมตร
  - ให้วัดตามแนวเส้นขอบเขต ถ้าเป็นชิ้นส่วนที่รวมหน่วยกัน (integral part) ของส่วนประกอบของวัสดุฉนวน (เช่น การขึ้นรูป การเชื่อม หรือ การยึดกันแน่น)
  - ให้วัดระยะที่สั้นกว่าของ 2 ทางเดินต่อไปนี้ : ตามแนวต่อหรือตามแนวด้านข้างของสัน ถ้าสันไม่ได้เป็นชิ้นส่วนที่รวมกันของส่วนประกอบของวัสดุฉนวน

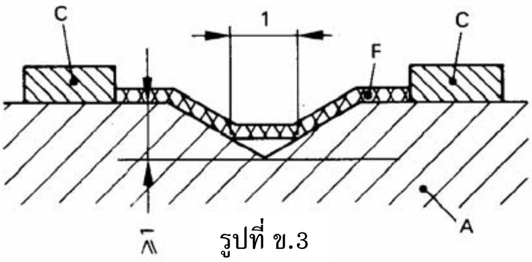
ข้อแนะนำต่าง ๆ ข้างต้น แสดงด้วยรูปดังนี้
- รูปที่ ข.1 รูปที่ ข.2 และรูปที่ ข.3 แสดงการวัดรวมหรือไม่วัดรวมร่อง ในการวัดระยะตามผิวฉนวน
- รูปที่ ข.4 และรูปที่ ข.5 แสดงการวัดรวมหรือไม่วัดรวมสัน ในการวัดระยะตามผิวฉนวน
- รูปที่ ข.6 แสดงการพิจารณาแนวต่อเมื่อสันเกิดจากการเสียบแผ่นกั้นฉนวน และทำให้แนวด้านข้างของด้านนอกยาวกว่าความยาวของแนวต่อ
- รูปที่ ข.7 รูปที่ ข.8 รูปที่ ข.9 และรูปที่ ข.10 แสดงวิธีการวัดระยะตามผิวฉนวน ในกรณีที่ตัวยึดฝังอยู่ในชิ้นส่วนฉนวนของวัสดุฉนวน



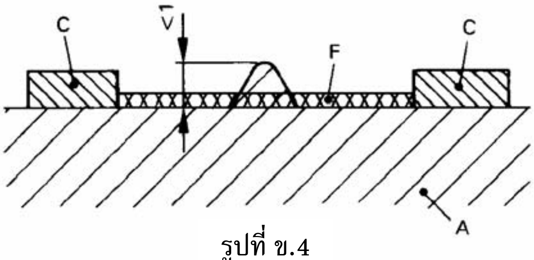
รูปที่ ข.1



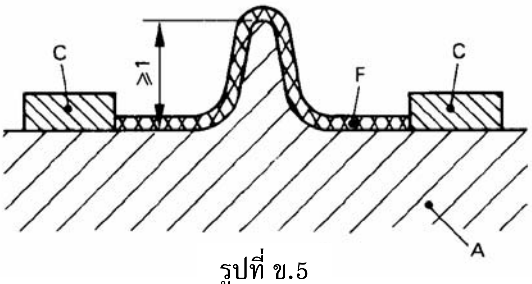
รูปที่ ข.2



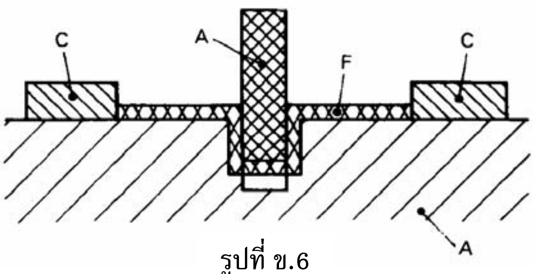
รูปที่ ข.3



รูปที่ ข.4



รูปที่ ข.5

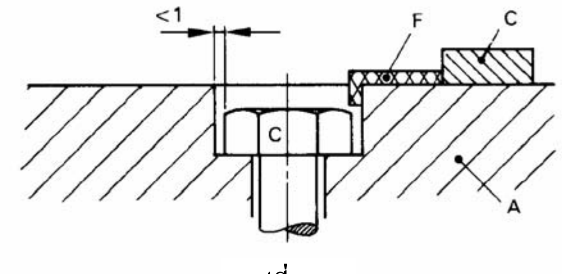


รูปที่ ข.6

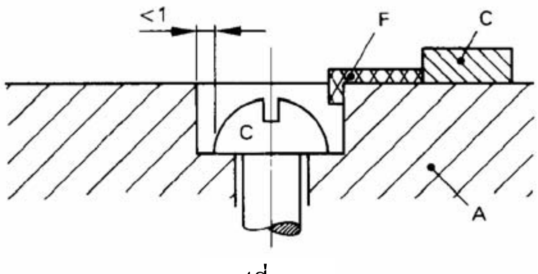
หน่วยเป็นมิลลิเมตร

A = วัสดุฉนวน C = ชิ้นส่วนตัวนำ F = ระยะตามผิวฉนวน

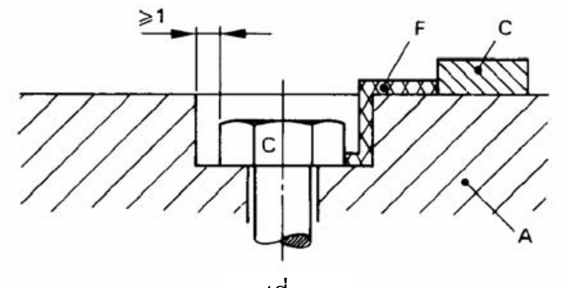
รูปที่ ข.1 ถึงรูปที่ ข.6 แสดงการวัดระยะตามผิวฉนวน



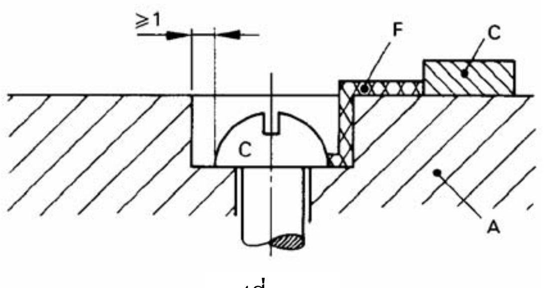
รูปที่ ข.7



รูปที่ ข.8



รูปที่ ข.9



รูปที่ ข.10

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

A = วัสดุฉนวน C = ชิ้นส่วนตัวนำ F = ระยะตามผิวฉนวน

รูปที่ ข.7 ถึงรูปที่ ข.10 แสดงการวัดระยะตามผิวฉนวน

ภาคผนวก ค.

(ข้อกำหนด)

การเตรียมการสำหรับการตรวจจับการแพร่กระจายของก๊าซที่แตกตัวเป็นไอออนระหว่างการทดสอบการลัดวงจร

ให้ติดตั้งอุปกรณ์ที่ทดสอบ (RCBO) ดังแสดงในรูปที่ ค.1 ซึ่งอาจมีการปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับการออกแบบเฉพาะของ RCBO และเพื่อให้เป็นไปตามคำแนะนำของผู้ทำ

เมื่อต้องใช้แผ่นพอลิเอทิลีนระหว่างการทำงาน “O” ให้ยึดติดแผ่นพอลิเอทิลีนใสหนา (0.05 ± 0.01) มิลลิเมตร ที่มีขนาดใหญ่กว่ามิติทั้งหมดของพื้นผิวด้านหน้าของ RCBO ในทุกทิศทางไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร (แต่ต้องไม่เล็กกว่า 200 มิลลิเมตร × 200 มิลลิเมตร) ไว้ในโครงให้ตึงพอสมควร โดยให้วางที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร จาก

- ส่วนที่ยื่นสูงสุดของอุปกรณ์บังคับกลไกของ RCBO ที่ไม่มีช่องฝังอุปกรณ์บังคับกลไก หรือ
- ขอบของช่องฝังอุปกรณ์บังคับกลไกของ RCBO ที่มีช่องฝังอุปกรณ์บังคับกลไก

แผ่นพอลิเอทิลีนต้องมีสมบัติทางกายภาพ ดังต่อไปนี้

ความหนาแน่นที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส : (0.92 ± 0.05) กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

จุดหลอมเหลว : 110 องศาเซลเซียส ถึง120 องศาเซลเซียส

เมื่อต้องใช้แผ่นกั้นที่ทำด้วยวัสดุฉนวน ให้วางแผ่นกั้นที่ทำด้วยวัสดุฉนวนที่มีความหนาต่ำสุด 2 มิลลิเมตร ไว้ดังแสดงในรูปที่ ค.1 ระหว่างช่องระบายอาร์ก (arc vent) กับแผ่นพอลิเอทิลีน เพื่อป้องกันแผ่นพอลิเอทิลีนเสียหายอันเนื่องมาจากอนุภาคความร้อนที่แพร่กระจายออกมาจากช่องระบายอาร์ก

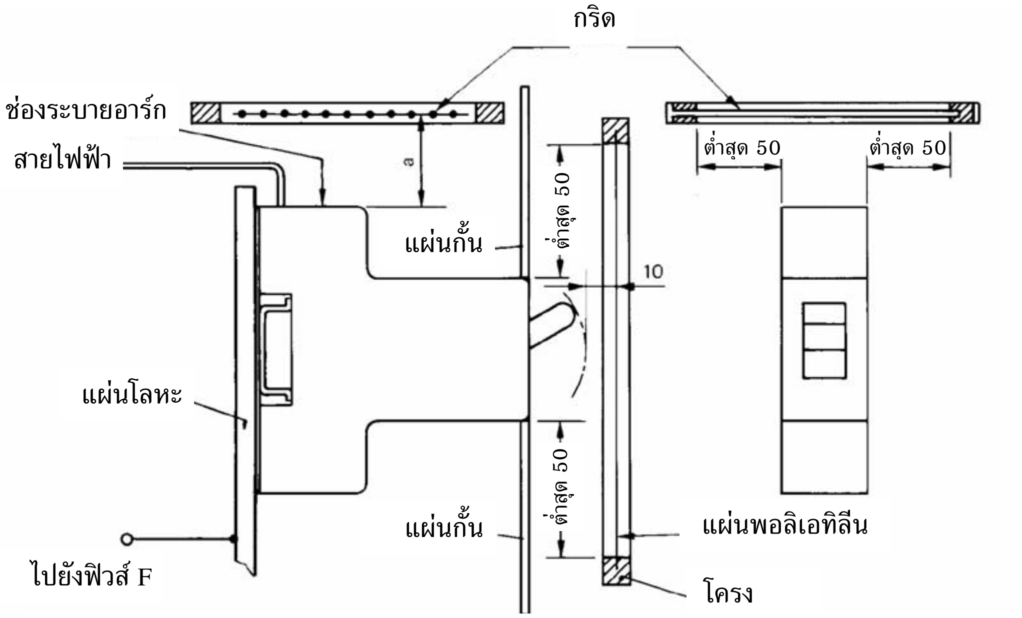
เมื่อต้องใช้กริด ให้วางกริดตามที่กำหนดในรูปที่ ค.2 ไว้ที่ระยะห่าง “a” มิลลิเมตร จากแต่ละด้านข้างของช่องระบายอาร์กของ RCBO ตามรูปที่ ค.1

วงจรกริด (ดูรูปที่ ค.3) ต้องต่อเข้ากับจุด B และจุด C (ดูรูปที่ 5 ถึงรูปที่ 9)

พารามิเตอร์สำหรับวงจรกริด ให้เป็นดังนี้

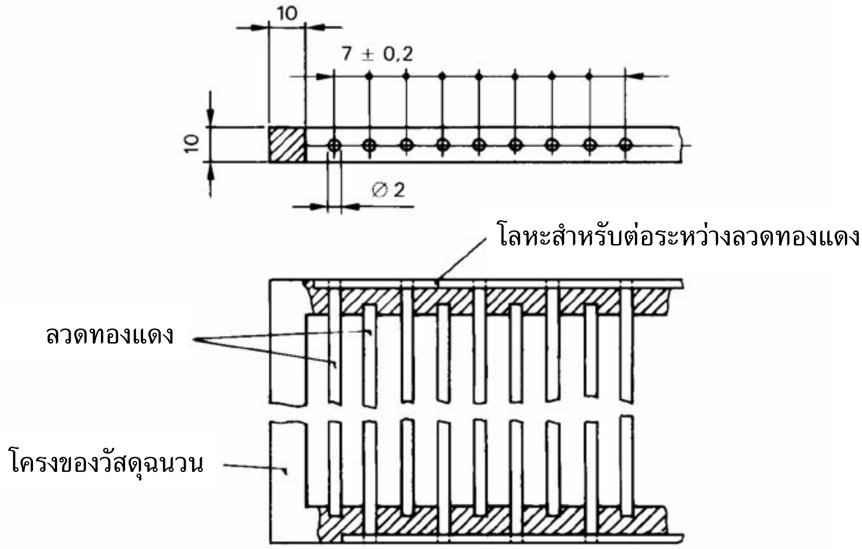
ตัวต้านทาน R′ : 1.5 โอห์ม

ลวดทองแดง F′ : ยาว 50 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางให้เป็นไปตามข้อ 9.12.9.1



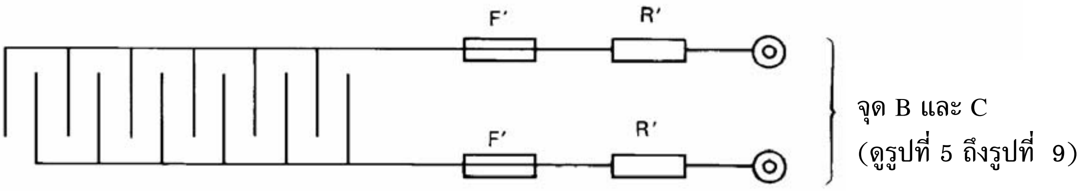
หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ ค.1 การเตรียมการทดสอบ



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ ค.2 กริด



รูปที่ ค.3 วงจรกริด

ภาคผนวก ง.

(ข้อกำหนด)

การทดสอบประจำ

การทดสอบตามที่กำหนดในมาตรฐานนี้ มีจุดประสงค์เพื่อให้ทราบถึงการแปรผันที่ยอมรับไม่ได้ของวัสดุหรือการผลิตที่เกี่ยวเนื่องกับความปลอดภัย

โดยทั่วไป เพื่อให้มั่นใจว่า RCBO ทุกตัวเป็นไปตามตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามมาตรฐานนี้ ต้องมีการทดสอบรายการอื่น ๆ อีกตามประสบการณ์ของผู้ทำ

ง.1 การทดสอบการทริป

ป้อนกระแสเหลือไหลผ่านแต่ละขั้วของ RCBO หมุนเวียนไปจนครบทุกขั้ว RCBO ต้องไม่ทริปที่กระแสไฟฟ้าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.5 $I_{\Delta n}$ แต่ต้องทริปที่ $I_{\Delta n}$ ภายในเวลาที่กำหนด (ดูตารางที่ 2)

ให้ป้อนกระแสไฟฟ้าทดสอบกับ RCBO แต่ละตัวไม่น้อยกว่า 5 ครั้ง และต้องป้อนเข้าแต่ละขั้วไม่น้อยกว่า 2 ครั้ง

ง.2 การทดสอบความทนทางไฟฟ้า

ป้อนแรงดันไฟฟ้าที่มีรูปคลื่นไกล้ไซน์ 1 500 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิรตซ์ เป็นเวลา 1 นาที ที่ส่วนต่าง ๆ ดังนี้

ก) ขณะที่ RCBO อยู่ในตำแหน่งเปิด ให้ป้อนระหว่างขั้วต่อสายที่มีการต่อทางไฟฟ้าเมื่อ RCBO อยู่ในตำแหน่งปิด

ข) RCBO ที่ไม่มีส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์ต่ออยู่ ขณะที่ RCBO อยู่ในตำแหน่งปิด ให้ป้อนระหว่างขั้วต่อสายขั้วใดขั้วหนึ่งกับขั้วอื่น ๆ ที่ต่อเข้าด้วยกัน หมุนเวียนกันไป

ค) RCBO ที่มีส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์ต่ออยู่ ขณะที่ RCBO อยู่ในตำแหน่งเปิด ให้ป้อนระหว่างขั้วต่อสายด้านเข้าทั้งหมดหมุนเวียนกันไป หรือระหว่างขั้วต่อสายด้านออกทั้งหมดหมุนเวียนกันไป (ให้ทดสอบเฉพาะด้านที่ไม่มีส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์ต่ออยู่)

ต้องไม่เกิดการวาบไฟตามผิวหรือเสียสภาพฉับพลัน

ง.3 สมรรถนะของอุปกรณ์ทดสอบของ RCBO

ขณะที่ RCBO อยู่ในตำแหน่งปิด และต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่แรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสม เมื่ออุปกรณ์ทดสอบของ RCBO ทำงาน RCBO ต้องเปิดวงจร

เมื่ออุปกรณ์ทดสอบของ RCBO มีจุดประสงค์ให้ทำงานที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดมากกว่า 1 ค่า การทดสอบให้ทดสอบที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดค่าต่ำสุด

ภาคผนวก จ.

(ข้อกำหนด)

ข้อกำหนดพิเศษสำหรับวงจรช่วยที่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำพิเศษขั้นปลอดภัย

ข้อ 8.1.3 ระยะห่างในอากาศและระยะตามผิวฉนวน

ให้เพิ่มหมายเหตุต่อไปนี้สำหรับตารางที่ 5

หมายเหตุ ส่วนที่มีไฟฟ้าของวงจรช่วยที่มีจุดประสงค์ให้ต่อกับแรงดันไฟฟ้าต่ำพิเศษขั้นปลอดภัย ต้องแยกจากวงจรที่มีแรงดันไฟฟ้าสูงกว่า ตามที่กำหนดใน IEC 60364-4-41 ข้อ 411.1.3.3

ข้อ 9.7.4 ความต้านทานของฉนวนและความคงทนไดอิเล็กทริกของวงจรช่วย

ให้เพิ่มข้อความต่อไปนี้ท้ายข้อ ข)

หมายเหตุ การทดสอบสำหรับวงจรที่มีจุดประสงค์ให้ต่อกับแรงดันไฟฟ้าต่ำพิเศษขั้นปลอดภัย อยู่ระหว่างการพิจารณา

ให้เพิ่มข้อความต่อไปนี้เป็นหมายเหตุท้ายข้อ ค)

หมายเหตุ 5. ค่าของแรงดันไฟฟ้าทดสอบสำหรับวงจรที่มีจุดประสงค์ให้ต่อกับแรงดันไฟฟ้าต่ำพิเศษขั้นปลอดภัย อยู่ระหว่างการพิจารณา

ภาคผนวก ฉ.

(ข้อกำหนด)

การประสานสัมพันธ์ระหว่าง RCBO กับฟิวส์ที่แยกต่างหากในวงจรเดียวกัน

ข้อมูลที่กำหนดใน IEC 60898 ภาคผนวก D เพื่อให้มั่นใจในการประสานสัมพันธ์ระหว่างเครื่องตัดวงจรกับฟิวส์ที่แยกต่างหากในวงจรเดียวกัน อาจสามารถใช้เพื่อให้มั่นใจในการประสานสัมพันธ์ระหว่าง RCBO กับฟิวส์ที่แยกต่างหากในวงจรเดียวกัน

ภาคผนวก ช.
(ข้อกำหนด)
ข้อกำหนดและการทดสอบเพิ่มเติมสำหรับ RCBO ที่ประกอบด้วยเครื่องตัดวงจร และหน่วยกระแสเหลือที่ออกแบบให้ประกอบ ณ สถานที่ใช้งาน

ช.1 ทั่วไป

ข้อกำหนดหลักของมาตรฐานนี้สามารถใช้กับอุปกรณ์ทั้งหมดที่ครอบคลุมโดยภาคผนวกนี้ นอกจากจะระบุไว้เป็นอย่างอื่น

ช.1.1 ขอบข่าย

ภาคผนวกนี้ครอบคลุมถึง RCBO ที่ประกอบด้วยเครื่องตัดวงจรที่เป็นไปตามข้อกำหนดของ IEC 60898 และหน่วยกระแสเหลือที่เป็นไปตามข้อกำหนดที่เกี่ยวเนื่องของมาตรฐานนี้ ซึ่งออกแบบให้ประกอบ ณ สถานที่ใช้งาน ที่เป็นไปตามคำแนะนำของผู้ทำ

ช.2 บทนิยาม

ให้เพิ่มข้อความต่อไปนี้ไว้ในข้อ 3. ของมาตรฐานนี้

3.3.23 หน่วยกระแสเหลือ (r.c. unit) หมายถึง อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในเวลาเดียวกัน ทั้งหน้าที่การตรวจจับกระแสเหลือและการเปรียบเทียบค่าของกระแสไฟฟ้านี้กับค่ากระแสเหลือที่ทำงาน และรวมเข้าด้วยกันกับวิธีการทำงานของกลไกทริปของเครื่องตัดวงจร ซึ่งออกแบบไว้ให้ประกอบเข้าด้วยกัน

ช.3 การทำเครื่องหมายและฉลาก

ช.3.1 ชื่อผู้ทำหรือเครื่องหมายการค้า

อ้างอิงตามข้อ 6 (1) ของมาตรฐานนี้ เครื่องตัดวงจรและหน่วยกระแสเหลือซึ่งต้องประกอบเข้าด้วยกัน ต้องมีชื่อผู้ทำหรือเครื่องหมายการค้าเดียวกัน

ช.3.2 เครื่องหมาย

ช.3.2.1 เครื่องหมายของเครื่องตัดวงจร

เครื่องหมายของเครื่องตัดวงจร ให้เป็นไปตาม IEC 60898

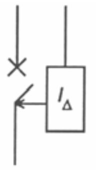
ช.3.2.2 เครื่องหมายของหน่วยกระแสเหลือ

หน่วยกระแสเหลือ ต้องทำเครื่องหมายดังข้อต่อไปนี้ อ้างอิงตามข้อ 6. ของมาตรฐานนี้

1) 2) 3) 5) 6) 7) 10) 12) 13) 15) และถ้าจำเป็น 11)

นอกจากนี้ หน่วยกระแสเหลือ ต้องทำเครื่องหมายดังต่อไปนี้

- กระแสไฟฟ้าที่กำหนดสูงสุดของเครื่องตัดวงจรที่ประกอบเข้าด้วยกัน (เช่น 60 A max.)
- สัญลักษณ์



หมายเหตุ แนะนำให้ทำเครื่องหมายที่หน่วยกระแสเหลือระบุเครื่องตัดวงจรอ้างอิงที่สามารถใช้ประกอบเข้าด้วยกัน

ช.3.2.3 เครื่องหมายของเครื่องตัดวงจรและหน่วยกระแสเหลือที่ประกอบแล้ว (RCBO)

หลังจากประกอบแล้ว ต้องไม่สามารถเห็นเครื่องหมายตามข้อ ช.3.2.2 ดังนี้

- ข้อ 3)
- กระแสไฟฟ้าที่กำหนดสูงสุดของเครื่องตัดวงจร ซึ่งหน่วยกระแสเหลือสามารถประกอบเข้าด้วยกัน
- ข้อ 10)

หลังจากประกอบแล้ว เครื่องหมายตามข้อ 11) ของหน่วยกระแสเหลือ ต้องยังคงเห็นได้ง่าย

ช.3.3 คำแนะนำสำหรับการประกอบและใช้งาน

ผู้ทำต้องจัดเตรียมคำแนะนำสำหรับหน่วยกระแสเหลืออย่างเพียงพอ

คำแนะนำต้องมีข้อมูลอย่างน้อยดังต่อไปนี้

- อ้างอิงแบบและหมายเลขแค็ตตาล็อก ครอบคลุมถึงพิกัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า จำนวนขั้วของเครื่องตัดวงจรซึ่งหน่วยกระแสเหลือถูกออกแบบให้ประกอบเข้าด้วยกัน

  หมายเหตุ จำนวนทางเดินไฟฟ้าของ RCBO สมนัยกับจำนวนทางเดินไฟฟ้า ขั้วต่อสายกลางหรือการเชื่อมต่อขั้วสายกลางของหน่วยกระแสเหลือ อาจใช้เป็นขั้วสายกลางของเครื่องตัดวงจร

- ตัวคูณลดพิกัด (derating factor) (ถ้ามี)
- วิธีการประกอบ
- ความจำเป็นในการตรวจสอบการทำงานภายหลังการประกอบเพื่อทวนสอบการทำงานทางกล
- การทวนสอบการทำงานทริป โดยใช้ปุ่มกดทดสอบ

ช.4 ข้อกำหนดเกี่ยวกับการสร้าง

ช.4.1 ทั่วไป

การออกแบบ ต้องเป็นดังนี้

ก) ต้องสามารถประกอบ RCBO ณ สถานที่ใช้งานได้เพียงครั้งเดียว และ

ข) การถอดออกใด ๆ ต้องมีความเสียหายถาวรที่เห็นได้ง่าย

ช.4.2 ระดับชั้นการป้องกัน

ระดับชั้นการป้องกันของหน่วยกระแสเหลือต้องไม่ต่ำกว่าระดับชั้นการป้องกันของเครื่องตัดวงจรที่ประกอบเข้าด้วยกัน

ช.4.3 ข้อกำหนดทางกล

เครื่องตัดวงจรและหน่วยกระแสเหลือต้องประกอบด้วยกันได้ง่ายในลักษณะที่ถูกต้อง และการออกแบบต้องมีการป้องกันการประกอบที่ไม่ถูกต้อง

ต้องไม่มีชิ้นส่วนที่หลุดหลวมสำหรับการต่อเข้าด้วยกันของกลไกทริป

อุปกรณ์ยึดสำหรับการประกอบ ต้องเป็นแบบที่ยึดมั่นคง

หมายเหตุ ข้อกำหนดนี้ไม่ครอบคลุมฝาครอบขั้วต่อสาย (ถ้ามี)

ช.4.4 ความเข้ากันได้ทางไฟฟ้า

ต้องไม่สามารถประกอบเครื่องตัดวงจรที่กำหนดแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดไว้กับหน่วยกระแสเหลือที่มีแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดต่ำกว่าได้

ต้องไม่สามารถประกอบเครื่องตัดวงจรที่กำหนดกระแสไฟฟ้าที่กำหนดไว้กับหน่วยกระแสเหลือที่มีกระแสไฟฟ้าสูงสุดต่ำกว่าได้ (ดู ช.3.2.2)

ขั้วต่อสายของหน่วยกระแสเหลือต้องสามารถยึดกับตัวนำที่มีพิสัยของพื้นที่หน้าตัดระบุตามที่กำหนดใน IEC 60898 ตารางที่ IV สำหรับกระแสไฟฟ้าที่กำหนดของเครื่องตัดวงจรที่ถูกออกแบบให้ประกอบเข้าด้วยกัน

การต่อกันทางไฟฟ้าระหว่างหน่วยกระแสเหลือกับเครื่องตัดวงจรที่ประกอบเข้าด้วยกัน ต้องเป็นส่วนของหน่วยกระแสเหลือ

ต้องไม่สามารถประกอบเครื่องตัดวงจรที่กำหนดความทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่กำหนดไว้กับหน่วยกระแสเหลือที่มีสมรรถนะลัดวงจรต่ำกว่าได้

ช.5 การทดสอบเฉพาะแบบและการทวนสอบ

ช.5.1 การทดสอบกับเครื่องตัดวงจร

เครื่องตัดวงจร ต้องเป็นไปตามการทดสอบเฉพาะแบบของ IEC 60898

ช.5.2 การทดสอบกับหน่วยกระแสเหลือ

หน่วยกระแสเหลือ ต้องเป็นไปตามการทดสอบเฉพาะแบบที่กำหนดในตารางที่ 10 ข้อ 9.1.1 ของมาตรฐานนี้

การทดสอบตามข้อ 9.3 ข้อ 9.4 ข้อ 9.5 ข้อ 9.11 (ถ้าเกี่ยวเนื่อง) ข้อ 9.14 และข้อ 9.15

ช.5.3 การทดสอบกับเครื่องตัดวงจรและหน่วยกระแสเหลือที่ประกอบแล้ว

การทดสอบเฉพาะแบบที่กำหนดในตารางที่ 10 ข้อ 9.1.1 ของมาตรฐานนี้ ให้ใช้กับ RCBO ที่ครอบคลุมโดยภาคผนวกนี้ นอกจากรายการดังนี้

- ไม่ต้องใช้ข้อ 9.3 ข้อ 9.5 ข้อ 9.14 และข้อ 9.15
- ข้อ 9.4 ต้องทดสอบการต่อกันระหว่างเครื่องตัดวงจรกับหน่วยกระแสเหลือ
- ใช้ข้อ 9.12 ยกเว้นข้อ 9.12.11.3 ถ้า I_{cn} ไม่เท่ากับ 1 500 แอมแปร์ และยกเว้นข้อ 9.12.11.4 (2)

ช.5.4 การทวนสอบเครื่องหมายและข้อกำหนดเกี่ยวกับโครงสร้างของ RCBO

การเป็นไปตามข้อกำหนดข้อ ช.3.1 ข้อ ช.3.2 ข้อ ช.3.3 ข้อ ช.4.1 ข้อ ช.4.2 และข้อ ช.4.4 ต้องตรวจสอบโดยการตรวจพินิจและทดสอบด้วยมือตามความเหมาะสม

การเป็นไปตามข้อกำหนดข้อ ช.4.3 ให้ตรวจสอบเฉพาะโดยการทวนสอบว่าในตำแหน่งใด ๆ ของเครื่องตัดวงจรและหน่วยกระแสเหลือที่ประกอบแตกต่างจากตำแหน่งที่ถูกต้องต้องไม่สามารถประกอบเข้ากันได้ และให้ใช้วิธีนี้กับตำแหน่งที่แตกต่างกันของอุปกรณ์บังคับกลไกและอุปกรณ์เชื่อมต่อเข้าด้วยกัน (coupling mean)

ช.6 การทดสอบประจำกับหน่วยกระแสเหลือ

ใช้ภาคผนวก ง. แต่ให้ทดสอบกับหน่วยกระแสเหลือที่ใช้งานร่วมกับเครื่องตัดวงจรทดสอบที่ปรับให้อยู่ในภาวะที่หนักที่สุด

ภาคผนวก ซ.
(ข้อกำหนด)
รายการทดสอบ ลำดับการทดสอบเพิ่มเติม และจำนวนตัวอย่างสำหรับการทวนสอบการเป็นไปตามข้อกำหนดความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (EMC) ของ RCBO

ภาคผนวกนี้แสดงการทดสอบทั้งหมดและลำดับการทดสอบของ RCBO สำหรับการทวนสอบความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า

ข้อ ซ.1 รายงานการทดสอบอ้างอิงที่มีกำหนดไว้แล้วในมาตรฐานนี้ และรวมถึงลำดับของการทดสอบและภาวะสมรรถนะต่ำสุดกำหนดไว้ในภาคผนวก ก.

ข้อ ซ.2 กำหนดการทดสอบเพิ่มเติม จำนวนตัวอย่าง ลำดับการทดสอบ และภาวะต่ำสุดที่ต้องการสำหรับการทวนสอบการเป็นไปตามข้อกำหนด EMC แบบสมบูรณ์ของ RCBO

ภาวะการทดสอบและเกณฑ์สมรรถนะ EMC ได้กำหนดไว้ใน IEC 61543 : Residual current-operated protective devices (RCDs) for household and similar use – Electromagnetic compatibility

ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าของ RCBO

ซ.1 การทดสอบ EMC ที่กำหนดไว้แล้วในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ตารางที่ ซ.1 ในสดมภ์ที่ 3 แสดงหัวข้อการทดสอบที่ได้รวมไว้ในลำดับการทดสอบของภาคผนวก ก. เพื่อให้มั่นใจว่ามีระดับของภูมิคุ้มกันการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าแสดงดังไว้ในสดมภ์ที่ 2 อย่างเพียงพอ สดมภ์ที่ 1 แสดงความสัมพันธ์อ้างอิงตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ของ IEC 61543

ตารางที่ ซ.1 รายการทดสอบความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า

อ้างอิงตารางที่ 1 และ 2 ของ IEC 61543	ปรากฏการณ์ของแม่เหล็กไฟฟ้า	การทดสอบตามมาตรฐานนี้
T1.3	การแปรผันขนาดแรงดันไฟฟ้า (voltage amplitude variation)	ข้อ 9.9.1.5 และข้อ 9.17
T1.4	ความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้า (voltage unbalance)	ข้อ 9.9.1.5 และข้อ 9.17
T1.5	การแปรผันความถี่กำลังไฟฟ้า (power frequency variation)	ข้อ 9.2
T1.8	สนามแม่เหล็กที่แผ่กระจายเป็นคลื่น (radiated magnetic field)	ข้อ 9.12 และข้อ 9.18
T2.4	กระแสชั่วครู่แบบแกว่ง (current oscillatory transient)	ข้อ 9.19

ซ.2 ใช้การทดสอบเพิ่มเติมของมาตรฐาน EMC สำหรับกลุ่มผลิตภัณฑ์ (EMC product family standard) ที่ใช้ให้ทดสอบตามการทดสอบของ IEC 61543 โดยให้เป็นไปตามตารางที่ ซ.2

หากมิได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น แต่ละลำดับการทดสอบ ให้ทดสอบกับตัวอย่างใหม่ 3 ตัวอย่าง

ถ้าตัวอย่างทดสอบทั้งหมดตามที่กำหนดในสดมภ์ที่ 5 ของตารางที่ ซ.2 เป็นไปตามข้อกำหนดทุกข้อ ให้ถือว่าเป็นไปตามมาตรฐานนี้ ถ้าตัวอย่างทดสอบจำนวนต่ำสุดตามสดมภ์ที่ 6 ของตารางที่ ซ.2 เป็นไปตามที่กำหนด ให้ใช้ตัวอย่างทดสอบเพิ่มเติมตามที่กำหนดในสดมภ์ที่ 7 มาทดสอบเพิ่มเติม และตัวอย่างทดสอบเพิ่มเติมทั้งหมดต้องเป็นไปตามข้อกำหนดทุกข้อ จึงจะถือว่าเป็นไปตามมาตรฐานนี้

ตารางที่ ซ.2

ลำดับการทดสอบ	ตารางของ IEC 61543	ภาวะอ้างอิงตาม IEC 61543 ข้อ	ปรากฏการณ์	จำนวนตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่างต่ำสุดที่ต้องเป็นไปตามข้อกำหนด	จำนวนตัวอย่างสูงสุดที่นำมาทดสอบซ้ำ
ซ.2.1*	4 4 5 	1.1 1.2 2.3 	ฮาร์มอนิกส์ (harmonics) อินเตอร์ฮาร์มอนิกส์ (interharmonics) แรงดันสัญญาณ (signalling voltage) ภาวะชั่วครู่ทิศทางเดียวที่นำมาตามสาย หน่วยเป็น ms และ μs (conducted unidirectional transients of the ms and μs time scale)	3 $I_{\Delta n}$ ต่ำสุด ที่ I_n ใด ๆ	2	3
ซ.2.2	5 5	2.1 และ 2.5 2.2	แรงดันไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าแบบแกว่งที่นำมาตามสาย (conducted oscillatory voltages or current) ภาวะชั่วครู่ทิศทางเดียวที่นำมาตามสาย หน่วยเป็น ns (conducted unidirectional transients of the ns time scale (burst))	3 $I_{\Delta n}$ ต่ำสุด ที่ I_n ใด ๆ	2	3
ซ.2.3	6	3.1	การปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต (electrostatic discharge)	3 $I_{\Delta n}$ ต่ำสุด ที่ I_n ใด ๆ	2	3

* สำหรับอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยออสซิลเลเตอร์แบบทำงานแบบต่อเนื่อง ต้องทดสอบตาม CISPR 14 กับตัวอย่างก่อนการทดสอบตามลำดับนี้

หมายเหตุ เพื่อให้เป็นไปตามความต้องการของผู้ทำ อาจใช้ตัวอย่างชุดเดียวกันทดสอบมากกว่า 1 ลำดับการทดสอบ

ภาคผนวก ญ.

(ข้อแนะนำ)

วิธีการหาตัวประกอบกำลังของการลัดวงจร

การหาตัวประกอบกำลังของการลัดวงจรไม่มีวิธีใดวิธีหนึ่งที่สามารถหาได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ตัวอย่างที่เป็นที่ยอมรับได้สองวิธีได้กำหนดไว้ในภาคผนวกนี้

วิธีที่ 1 การหาจากองค์ประกอบไฟฟ้ากระแสตรง

ให้หามุม φ จากเส้นโค้งขององค์ประกอบไฟฟ้ากระแสตรงที่มีคลื่นกระแสไฟฟ้าไม่สมมาตรระหว่างขณะลัดวงจรกับขณะหน้าสัมผัสแยกออกจากกัน ดังนี้

ญ.1 สูตรสำหรับองค์ประกอบทางไฟฟ้ากระแสตรง ได้แก่

$$i_d = i_{do} \cdot e^{-Rt/L}$$

เมื่อ i_d คือ ค่าขององค์ประกอบไฟฟ้ากระแสตรง ที่เวลา t

i_{do} คือ ค่าขององค์ประกอบไฟฟ้ากระแสตรง ที่เวลาเริ่มต้น

L/R คือ ค่าคงตัวเวลา (time-constant) ของวงจร เป็นวินาที

t คือ เวลา เป็นวินาที ให้นับตั้งแต่ขณะเริ่มต้น

e คือ ฐานของลอการิทึม เนพีเรียน (Nepierian logarithm)

ค่าคงตัวเวลาสามารถคำนวณหาได้จากสูตรข้างต้น ดังนี้

ก) วัดค่าของ i_{do} ที่ขณะลัดวงจร และวัดค่าของ i_d ที่ขณะเวลา t ก่อนที่หน้าสัมผัสจะแยกออกจากกัน

ข) หาค่าของ $e^{-Rt/L}$ โดยหาร i_d ด้วย i_{do}

ค) จากตารางแสดงค่าของ e^{-x} สามารถหาค่าของ $-x$ ที่สมนัยกับอัตราส่วนของ i_d/i_{do}

ง) จากค่า x หรือ Rt/L สามารถหาค่า L/R ได้

ญ.2 การหาค่ามุม φ จาก

$$\varphi = \arctan \omega L/R$$

เมื่อ ω คือ 2π × ความถี่จริง

ไม่ควรใช้วิธีนี้เมื่อวัดกระแสไฟฟ้าโดยใช้หม้อแปลงกระแส (current transformer)

วิธีที่ 2 การหาด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอ้างอิง (pilot generator)

ให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าอ้างอิงอยู่บนเพลาเดียวกันกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทดสอบ ให้เปรียบเทียบมุมแรงดันไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอ้างอิงที่เกิดบนออสซิลโลแกรมกับมุมแรงดันไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทดสอบก่อน แล้วจึงเปรียบเทียบมุมกระแสไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทดสอบต่อไป

ความแตกต่างระหว่างมุมเฟสของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอ้างอิงกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทดสอบ ในด้านหนึ่ง และเครื่องกำเนิดแรงดันไฟฟ้าอ้างอิง และเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าทดสอบ ในอีกด้านหนึ่ง สามารถให้ค่ามุมเฟสระหว่างแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทดสอบ จากนั้นสามารถหาตัวประกอบกำลัง

ภาคผนวก ฎ.
(ข้อแนะนำ)
สัญลักษณ์

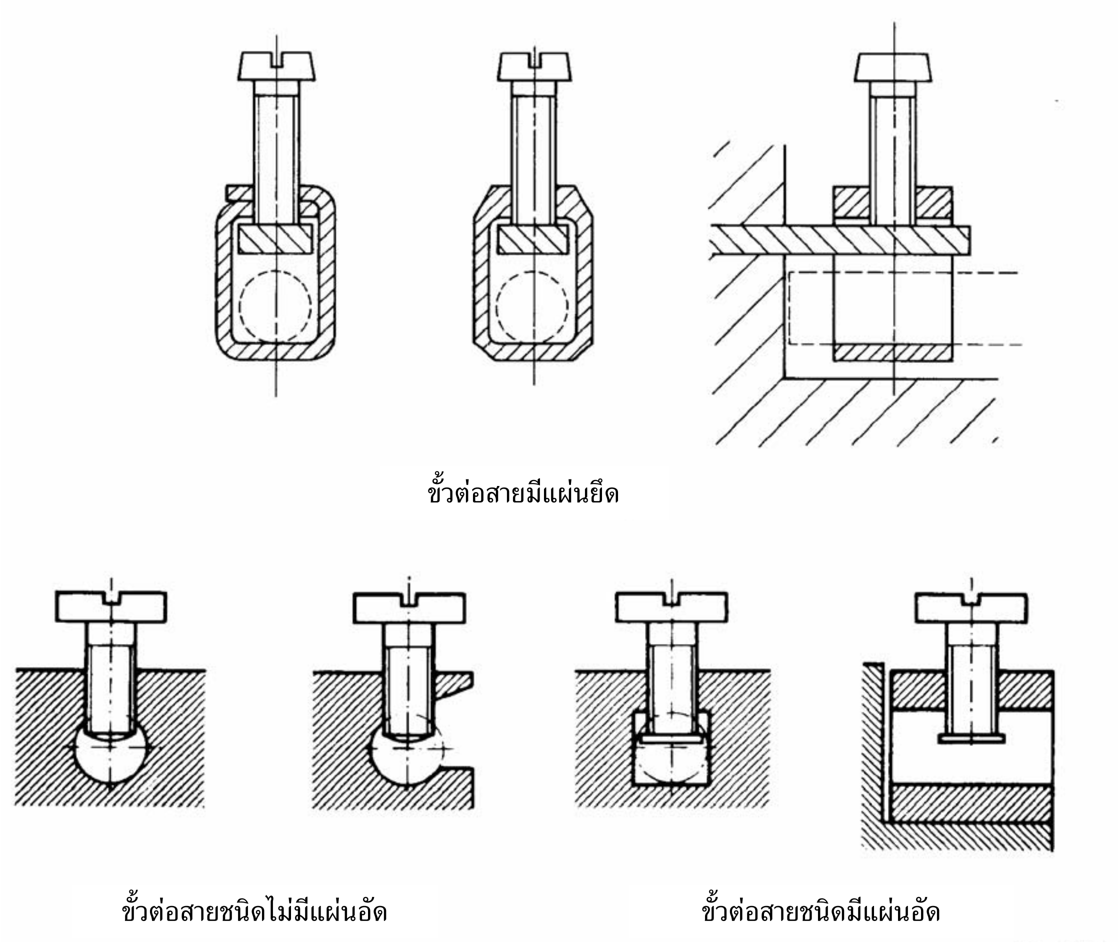
กระแสไฟฟ้าที่กำหนด	I_n
กระแสเหลือ	I_Δ
กระแสเหลือที่ทำงานที่กำหนด	$I_{\Delta n}$
กระแสเหลือไม่ทำงานที่กำหนด	$I_{\Delta no}$
แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด	U_n
แรงดันไฟฟ้าทำงานที่กำหนด	U_e
แรงดันไฟฟ้าฉนวนที่กำหนด	U_i
วิสัยสามารถการต่อและการตัดกระแสไฟฟ้าที่กำหนด	I_m
วิสัยสามารถการต่อและการตัดกระแสเหลือที่กำหนด	$I_{\Delta m}$
กระแสไฟฟ้าลัดวงจรภาวะที่กำหนด	I_{nc}
กระแสไฟฟ้าลัดวงจรเหลือภาวะที่กำหนด	$I_{\Delta c}$
ค่าขีดจำกัดของแรงดันไฟฟ้าซึ่ง RCBO ที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้ายังคงทำงานได้	U_x
ค่าขีดจำกัดที่แรงดันไฟฟ้าที่ต่ำกว่าค่านี้ RCBO ที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้าจะเปิดวงจรอย่างอัตโนมัติ	U_y

ภาคผนวก ฐ.

(ข้อแนะนำ)

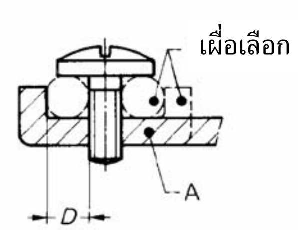
ตัวอย่างของขั้วต่อสาย

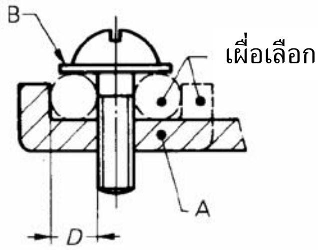
ภาคผนวกนี้แสดงตัวอย่างการออกแบบขั้วต่อสาย ตำแหน่งที่ใส่ตัวนำต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางที่เหมาะสมสำหรับรองรับตัวนำตันแข็ง และมีพื้นที่หน้าตัดที่เหมาะสมสำหรับรองรับตัวนำตีเกลียวแข็ง (ดูข้อ 8.1.5)

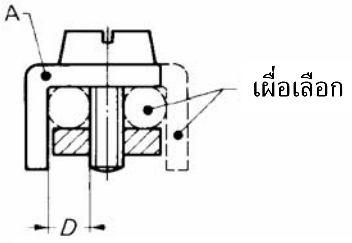


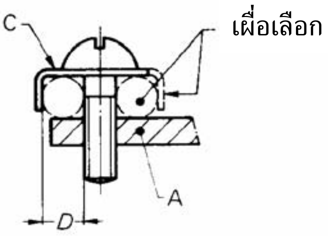
ส่วนของขั้วต่อสายที่ประกอบด้วยรูเกลียวและส่วนของขั้วต่อสายที่ตัวนำจับยึดด้วยหมุดเกลียว อาจเป็นส่วนแยกกัน 2 ส่วน เช่น ขั้วต่อสายที่มีแผ่นยึด

รูปที่ ฐ.1 ตัวอย่างของขั้วต่อสายปลายหมุดเกลียว





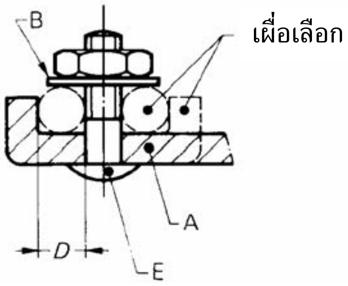


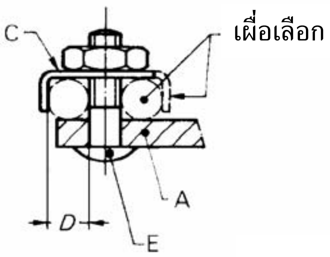


ขั้วต่อหัวหมุดเกลียว

หมุดเกลียวที่ไม่ต้องใช้
แหวนรองหรือแผ่นจับยึด

หมุดเกลียวที่ใช้แหวนรอง แผ่นจับยึด
หรืออุปกรณ์ป้องกันการเคลื่อนตัว



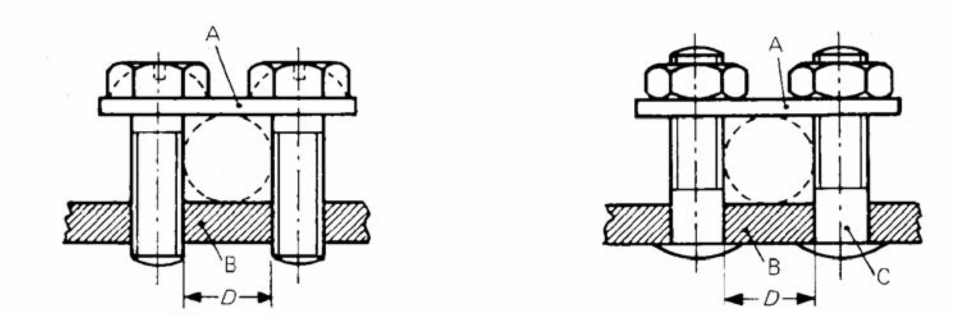


ขั้วต่อเดือยเกลียว

A ส่วนอยู่กับที่
B แหวนรองหรือแผ่นจับยึด
C อุปกรณ์ป้องกันการเคลื่อนตัว
D ช่องสอดตัวนำ
E เดือยเกลียว

ส่วนที่ยึดตัวนำให้อยู่ในตำแหน่ง อาจทำจากวัสดุฉนวนถ้าแรงกดยึดตัวนำไม่ต้องส่งผ่านวัสดุฉนวนนั้น

รูปที่ ฐ.2 ตัวอย่างของขั้วต่อหัวหมุดเกลียวและขั้วต่อเดือยเกลียว



A ประกับ

B ส่วนอยู่กับที่

C เดือยเกลียว

D ช่องสอดตัวนำ

ผิวหน้าทั้งสองด้านของแผ่นประกับ อาจมีรูปร่างที่แตกต่างกันเพื่อให้เข้ากับตัวนำที่มีพื้นที่หน้าตัดเล็กสุดหรือใหญ่สุดได้โดยการกลับหน้าประกับ

ขั้วต่อสาย อาจมีหมุดเกลียวหรือเดือยเกลียวมากกว่า 2 ตัวได้

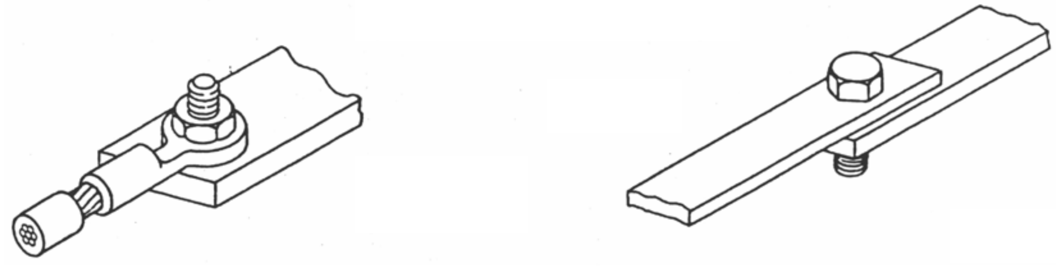
รูปที่ ฐ.3 ตัวอย่างของขั้วต่อประกับ

A อุปกรณ์ล็อก

B หูสายหรือแท่งตัวนำ

E ส่วนอยู่กับที่

F เดือยเกลียว



สำหรับขั้วต่อสายแบบนี้ ต้องจัดเตรียมแหวนรองแบบสปริง หรืออุปกรณ์ล็อกอื่นที่ให้ประสิทธิผลเทียบเท่ากัน และผิวหน้าบริเวณพื้นที่ยึดต้องเรียบ

สำหรับบริภัณฑ์บางประเภท ยอมให้ใช้ขั้วต่อหูสายขนาดเล็กกว่าที่กำหนดได้

รูปที่ ฐ.4 ตัวอย่างของขั้วต่อหูสาย

ภาคผนวก ฑ.
(ข้อแนะนำ)
โปรแกรมการทดสอบติดตามผลสำหรับ RCBO

ฑ.1 ข้อกำหนดทั่วไป

เพื่อเป็นการรับประกันว่ามีการรักษาระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ผู้ทำต้องจัดทำวิธีการตรวจสอบติดตามผลไว้ในกระบวนการผลิตด้วย

ภาคผนวกนี้แสดงตัวอย่างวิธีการติดตามผลสำหรับการผลิต RCBO

ผู้ทำอาจจะใช้เป็นแนวทางสำหรับนำไปดัดแปลงวิธีการเฉพาะและองค์กรที่มีวัตถุประสงค์เพื่อรักษาระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ

ข้อกำหนดพิเศษสำหรับการติดตามผลการจำหน่ายและการติดตามผลการผลิต อาจใช้เพื่อการรับประกันคุณภาพของผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับการทำงานของอุปกรณ์ตัดวงจรเมื่อมีกระแสเหลืออย่างปลอดภัย

ฑ.2 โปรแกรมการทดสอบติดตามผล

โปรแกรมการทดสอบติดตามผล ครอบคลุมอนุกรมของการทดสอบ 2 ชุด

ฑ.2.1 โปรแกรมการทดสอบติดตามผลรายไตรมาส

ดูตาราง ฑ.1 ลำดับการทดสอบ Q

ฑ.2.2 โปรแกรมการทดสอบติดตามผลประจำปี

ดูตารางที่ ฑ.1 ลำดับการทดสอบ Y1 ถึง Y3

หมายเหตุ การทดสอบติดตามผลประจำปี อาจทำร่วมกับการทดสอบติดตามผลรายไตรมาส

ตารางที่ ฑ.1 ลำดับการทดสอบระหว่างการตรวจสอบติดตามผล

ลำดับการทดสอบ	ข้อ	การทดสอบ	ข้อแนะนำ
Q	9.16	อุปกรณ์ทดสอบ	ข้อ ข) และ ค) เท่านั้น ยกเว้นกรณีการทวนสอบแอมแปร์-รอบของวงจรทดสอบ
	9.9.1.2 ก)	ลักษณะเฉพาะการทำงานเมื่อมีกระแสเหลือ	
	9.9.1.2 ค)	ลักษณะเฉพาะการทำงานเมื่อมีกระแสเหลือ	
	9.20	ความทนของฉนวนต่อแรงดันไฟฟ้าอิมพัลส์	ให้ทดสอบระหว่างแต่ละขั้วหมุนเวียนกันไปด้วย
Y1	9.9.1.4	ลักษณะเฉพาะการทำงานเมื่อมีกระแสเหลือ	
	9.7	การทดสอบสมบัติไดอิเล็กทริก	
	9.10	ความทนทานการใช้งานทางกลและทางไฟฟ้า	
Y2	9.22.1	ความเชื่อถือได้ (ความทนสภาพอากาศ)	
Y3	9.23	ความทนต่อการเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งาน	

ฑ.2.3 วิธีการชักตัวอย่าง

ฑ.2.3.1 โปรแกรมการทดสอบรายไตรมาส

สำหรับจุดประสงค์ของโปรแกรมการทดสอบรายไตรมาส ให้ใช้ระดับการตรวจสอบดังต่อไปนี้

- การตรวจสอบแบบปกติ
- การตรวจสอบแบบเข้มงวด

สำหรับการตรวจสอบติดตามผลครั้งแรก ให้ใช้การตรวจสอบแบบปกติ

สำหรับการตรวจสอบที่ต่อเนื่อง จะใช้การตรวจสอบแบบปกติ หรือแบบเข้มงวด หรือการหยุดการผลิต ให้พิจารณาจากผลการทดสอบที่ดำเนินการอยู่

ให้ใช้หลักเกณฑ์ต่อไปนี้ในการปรับการตรวจสอบจากระดับหนึ่งไปยังอีกระดับหนึ่ง

- คงไว้ที่ระดับการตรวจสอบแบบปกติ

  เมื่อใช้การตรวจสอบแบบปกติ ให้คงระดับการตรวจสอบไว้ที่ระดับปกติถ้าตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 6 ตัวอย่าง เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในลำดับการทดสอบ (ดูตารางที่ ฑ.2 ลำดับ Q) ถ้าตัวอย่างจำนวน 5 ตัวอย่าง เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้ตรวจสอบครั้งต่อไป 1 เดือนภายหลังจากการตรวจสอบครั้งก่อนด้วยจำนวนตัวอย่างที่เท่ากันและลำดับการทดสอบเดียวกัน
- ปรับการตรวจสอบแบบปกติเป็นแบบเข้มงวด

  เมื่อใช้การตรวจสอบแบบปกติ ถ้ามีตัวอย่างจำนวน 4 ตัวอย่างเท่านั้นที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้ปรับระดับการตรวจสอบเป็นแบบเข้มงวด
- ปรับการตรวจสอบแบบปกติเป็นให้หยุดการผลิต

  เมื่อใช้การตรวจสอบแบบปกติ และมีตัวอย่างจำนวนน้อยกว่า 4 ตัวอย่าง ที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ต้องหยุดการผลิตและให้มีการดำเนินการปรับปรุงคุณภาพ
- ปรับการตรวจสอบแบบเข้มงวดเป็นแบบปกติ

  เมื่อใช้การตรวจสอบแบบเข้มงวด ถ้ามีตัวอย่างจำนวนไม่น้อยกว่า 12 ตัวอย่าง เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด (ดูตารางที่ ฑ.2) ให้ปรับระดับการตรวจสอบเป็นแบบปกติ
- คงไว้ที่ระดับการตรวจสอบแบบเข้มงวด

  เมื่ออยู่ในระดับการตรวจสอบแบบเข้มงวด ถ้ามีตัวอย่างจำนวน 10 หรือ 11 ตัวอย่างเท่านั้น ที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดตามลำดับการทดสอบ ให้คงระดับการตรวจสอบแบบเข้มงวด และให้ตรวจสอบครั้งต่อไป 1 เดือนภายหลังจากการตรวจสอบครั้งก่อนด้วยจำนวนตัวอย่างที่เท่ากันและลำดับการทดสอบเดียวกัน
- ปรับการตรวจสอบแบบเข้มงวดเป็นให้หยุดการผลิต

  ในกรณีที่การตรวจสอบทั้ง 4 ครั้งติดต่อกันยังคงเป็นการตรวจสอบแบบเข้มงวด หรือมีตัวอย่างจำนวนน้อยกว่า 10 ตัวอย่างที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ต้องหยุดการผลิตและให้มีการดำเนินการปรับปรุงคุณภาพ
- เริ่มการผลิตใหม่

  การผลิตสามารถเริ่มต้นใหม่ได้หลังจากมีการยืนยันการแก้ไขที่เหมาะสม การเริ่มการผลิตใหม่ให้อยู่ภายใต้ภาวะการตรวจสอบแบบเข้มงวด

ฑ.2.3.2 โปรแกรมการทดสอบประจำปี

สำหรับจุดประสงค์ของโปรแกรมการทดสอบประจำปี ให้ใช้ระดับการตรวจสอบดังต่อไปนี้

- การตรวจสอบแบบปกติ
- การตรวจสอบแบบเข้มงวด

สำหรับการตรวจสอบติดตามผลครั้งแรก ให้ใช้การตรวจสอบแบบปกติ

สำหรับการตรวจสอบที่ต่อเนื่อง จะใช้การตรวจสอบแบบปกติ หรือแบบเข้มงวด หรือการหยุดการผลิต ให้พิจารณาจากผลการทดสอบที่ดำเนินการอยู่

ให้ใช้หลักเกณฑ์ต่อไปนี้ในการปรับการตรวจสอบจากระดับหนึ่งไปยังอีกระดับหนึ่ง

- คงไว้ที่ระดับการตรวจสอบแบบปกติ

  เมื่อใช้การตรวจสอบแบบปกติ ถ้าตัวอย่างทั้งหมดเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในลำดับการทดสอบ ให้คงระดับการตรวจสอบไว้ที่ระดับปกติ ถ้ามีตัวอย่างจำนวน 2 ตัวอย่าง เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในลำดับการทดสอบ Y1 และไม่มีตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในลำดับการทดสอบ Y2 และ Y3 ให้ตรวจสอบครั้งต่อไป 3 เดือนภายหลังจากการตรวจสอบครั้งก่อนด้วยจำนวนตัวอย่างที่เท่ากันและลำดับการทดสอบเดียวกัน

- ปรับการตรวจสอบแบบปกติเป็นแบบเข้มงวด

  เมื่อใช้การตรวจสอบแบบปกติ ให้เปลี่ยนระดับการตรวจสอบเป็นแบบเข้มงวด เมื่อ

  - มีเพียง 1 ตัวอย่างเท่านั้นที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในลำดับการทดสอบ Y1 หรือ
  - มีตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในลำดับการทดสอบ Y2 หรือ Y3

  ต้องตรวจสอบครั้งต่อไปภายใน 3 เดือนหลังจากการตรวจสอบครั้งก่อนที่ระดับการตรวจสอบแบบเข้มงวดสำหรับลำดับการทดสอบใด ๆ ที่มีตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด และที่ระดับแบบปกติสำหรับลำดับการทดสอบอื่น

- ปรับการตรวจสอบแบบปกติเป็นให้หยุดการผลิต

  เมื่อใช้การตรวจสอบแบบปกติ และไม่มีตัวอย่างที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในลำดับการทดสอบ Y1 หรือมีตัวอย่างจำนวนมากกว่า 1 ตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในลำดับการทดสอบ Y2 หรือ Y3 ต้องหยุดการผลิตและให้มีการดำเนินการปรับปรุงคุณภาพ

- ปรับการตรวจสอบแบบเข้มงวดเป็นแบบปกติ

  เมื่อใช้การตรวจสอบแบบเข้มงวด ให้เปลี่ยนระดับการตรวจสอบเป็นแบบปกติ เมื่อ

  - มีตัวอย่างไม่น้อยกว่า 5 ตัวอย่าง เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในลำดับการทดสอบ Y1 และ
  - ไม่มีตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในลำดับการทดสอบ Y2 หรือ Y3

- คงไว้ที่ระดับการตรวจสอบแบบเข้มงวด

  เมื่ออยู่ในระดับการตรวจสอบแบบเข้มงวด ถ้ามีตัวอย่างจำนวน 4 ตัวอย่างเท่านั้น ที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในลำดับการทดสอบ Y1 และไม่มีตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในลำดับการทดสอบ Y2 หรือ Y3 ให้คงระดับการตรวจสอบแบบเข้มงวด และให้มีการตรวจสอบติดตามผลครั้งต่อไป 3 เดือนภายหลังจากการตรวจสอบครั้งก่อนด้วยจำนวนตัวอย่างที่เท่ากันและลำดับการทดสอบเดียวกัน

- ปรับการตรวจสอบแบบเข้มงวดเป็นให้หยุดการผลิต

  ในกรณีที่การตรวจสอบทั้ง 4 ครั้งติดต่อกันยังคงเป็นการตรวจสอบแบบเข้มงวด หรือเกิดข้อผิดพร่องข้อใดข้อหนึ่งระหว่างการตรวจสอบประจำปี ดังนี้

  - มีตัวอย่างจำนวนน้อยกว่า 4 ตัวอย่าง เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในลำดับการทดสอบ Y1
  - มีตัวอย่างจำนวนมากกว่า 1 ตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในลำดับการทดสอบ Y2 หรือ Y3

  ต้องหยุดการผลิตและให้มีการดำเนินการปรับปรุงคุณภาพ
- เริ่มการผลิตใหม่

  การผลิตสามารถเริ่มต้นใหม่ได้หลังจากมีการยืนยันการแก้ไขที่เหมาะสม การเริ่มการผลิตใหม่ให้อยู่ภายใต้ภาวะการตรวจสอบแบบเข้มงวด

ฑ.2.4 จำนวนตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ

จำนวนตัวอย่างสำหรับแต่ละระดับการตรวจสอบ ให้เป็นไปตามตารางที่ ฑ.2

ตารางที่ ฑ.2 จำนวนตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ

ลำดับการทดสอบ	จำนวนตัวอย่างสำหรับการตรวจสอบแบบปกติ	จำนวนตัวอย่างสำหรับการตรวจสอบแบบเข้มงวด
Q	6	13
Y1, Y2, Y3	3 สำหรับแต่ละลำดับการทดสอบ	6 สำหรับแต่ละลำดับการทดสอบ

แต่ละอนุกรมของ RCBO มีพื้นฐานการออกแบบเดียวกัน ให้ใช้ตัวอย่างเพียงชุดตัวอย่างเดียวสำหรับการทดสอบโดยไม่คำนึงถึงพิกัด

สำหรับจุดประสงค์ของโปรแกรมการทดสอบติดตามผล ให้พิจารณาว่า RCBO มีพื้นฐานการออกแบบเดียวกัน ถ้ามีประเภทตามที่กำหนดในข้อ 4.1 เหมือนกัน และ

- อุปกรณ์บังคับกลไกเนื่องจากกระแสเหลือ มีกลไกทริปเหมือนกันและมีรีเลย์หรือโซลีนอยด์เหมือนกัน ยกเว้นสำหรับ
  - จำนวนรอบ และพื้นที่หน้าตัดของขดลวด
  - ขนาดและวัสดุของแกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าผลต่าง
  - กระแสเหลือที่กำหนด และ
- ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (ถ้ามี) มีการออกแบบเหมือนกันและใช้ส่วนประกอบเหมือนกัน ยกเว้นสำหรับการแปรผันเพื่อให้ได้ I_{Δ}n ที่แตกต่างกัน